Folosind metoda întrebărilor și răspunsurilor, autorul îl poartă pe cititor, pas cu pas, prin întregul domeniu al radioului și televiziunii, oferindu-i cunoștințe fundamentale despre: electricitate, unde sonore și radio, tuburi electronice și tranzistoare, circuite electronice de bază (amplificatoare, oscilatoare etc.), principiile de funcționare ale radioului și televiziunii. În final, cititorul va dobîndi o seamă de cunoștințe teoretice și practice foarte utile.

Lucrări de electronică în pregătire

Seria **„Electronică aplicată"**

Sofron, E.	Dispozitive optoelectronice cu cristale lichide
Târâcă, Șt.	
Constantin, P.	Tranzistoare unijoncțiune
Radu, O.	
Scărlătescu, M.	Aparate electronice pentru protecția muncii
Manea, A.	

Seria **„Inițiere"**

Săvescu, M.	Inițiere în radiocomunicații prin sateliți

Colecția **„Radio și televiziune"**

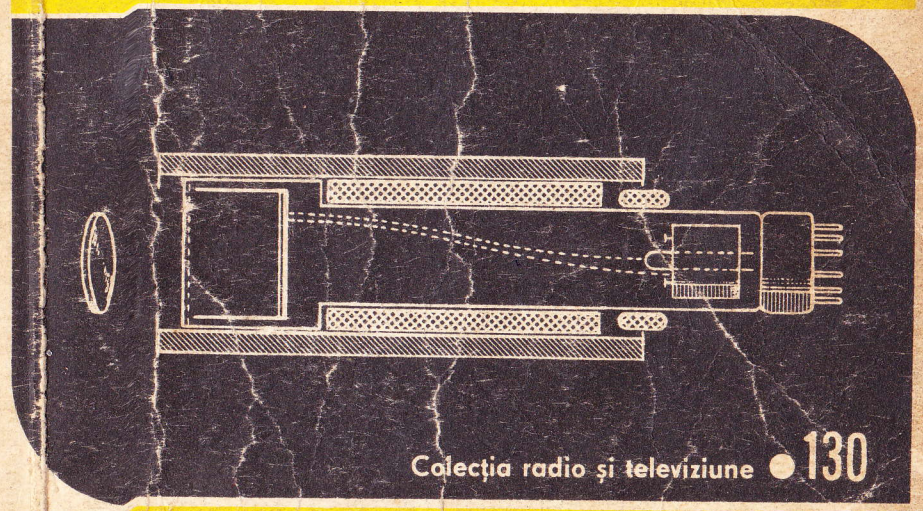
Brown, Cl.	Tranzistoare. Întrebări și răspunsuri
Hellyer, H. W.	Radio și televiziune. Întrebări și răspunsuri
Brown, Cl.	Audio. Întrebări și răspunsuri

Lei 5

Radio și televiziune. Întrebări și răspunsuri

Editura tehnică

D N. T.V. Cosmos 1.
VS 54 622/A
N1) 720.898 / N2 703.680



Colecția radio și televiziune ● 130

H. W. HELLYER

RADIO ŞI TELEVIZIUNE
Întrebări şi răspunsuri

H. W. Hellyer

RADIO ŞI TELEVIZIUNE

Întrebări şi răspunsuri

Traducere din limba engleză

130

Editura tehnică
București – 1976

H. W. Hellyer

Questions and Answers on Radio and Television

© Butrerworth & Co (Publishers) Ltd.

Traducere: ing. **DINU ZAMFIRESCU**
ing. **MARIN SĂMPĂLEANU**

Redactor: ing. CONSTANTIN MINEA
Tehnoredactor: VALERIU MORĂRESCU
Coperta: CONSTANTIN GULUȚĂ

Bun de tipar: 18.06.1976. Coli de tipar: 10.
Tiraj: 98 000+60 exemplare broșate.
C.Z.: 621.396/397.

Tiparul executat sub comanda nr. 167, la Întreprinderea poligrafică „Crișana", Oradea, str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România.

r.tv r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

PREFAȚĂ

Curiozitatea este cheia de boltă a învățăturii. Omul care „dorește să cunoască" are o șansă de departe mai mare „de a digera" și reține informația, decît acela care parcurge o serie de subiecte pur și simplu pentru că i-au fost puse în față.

Prin urmare, „Întrebări și răspunsuri" formează o mică carte. Oriunde a fost posibil, întrebările au fost aranjate urmărindu-se sporirea treptată a informației. Întrebările se ivesc din răspunsurile anterioare. Aceasta înseamnă că prezenta lucrare diferă de manualele standard, prin aceea că subiectele nu sînt grupate ordonat la un loc; cu excepția capitolului de început care constituie un ghid pentru linia generală a întrebărilor, cititorul poate trata aceste pagini, fie citindu-le separat, fie împreună. Matematica și formulele greu de manipulat au fost evitate pe cît posibil. Schemele și alte desene furnizează informația de bază, iar adăugirile confuze sînt omise.

Există multe manuale la care poate să recurgă cititorul care dorește să-și îmbogățească informațiile furnizate de această carte. Dacă aceste capitole au reușit să stîrnească curiozitatea cititorului, autorul se poate considera mulțumit; dacă ele au reușit să îmbogățească bagajul de cunoștințe al cititorului, timpul, necazurile și frămîntările autorului vor fi răsplătite.

Vă urez succes!

H. W. Hellyer

r.tv. r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Cuprins

1. Electricitatea 5
2. Unde sonore și unde radio 29
3. Tuburi electronice și tranzistoare 42
4. Circuite de bază 78
5. Cum funcționează un receptor radio 95
6. Principiile televiziunii 122
7. Receptorul de televiziune 132

r.tv. r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

1 Electricitatea

Ce este curentul electric?

Mișcarea ordonată a electronilor într-un circuit datorită unei diferențe de potențial constituie un curent electric.

Cum se măsoară curentul electric?

Curentul electric se măsoară în amperi (A). Un curent de 1 amper, corespunde trecerii a $62{,}81 \times 10^{18}$ electroni printr-o secțiune dată. Curentul este direct proporțional cu diferența de potențial (tensiunea) care-l provoacă și invers proporțional cu rezistența care i se opune. În radio și televiziune se utilizează și submultiplii amperului; miliamperul (mA) este a mia parte dintr-un amper, iar microamperul (μA) reprezintă o milionime dintr-un amper.

Ce este rezistența electrică?

Într-o măsură mai mare sau mai mică, toate materialele se opun trecerii curentului electric. Acele materiale care oferă o rezistență mică trecerii curentului se numesc conductoare. Metalele au o rezistență mai mică decît majoritatea celorlalte materiale; cuprul, care are o rezistivitate electrică destul de mică și prezintă în plus avantajul de a fi un metal răspîndit în natură și ușor de prelucrat, se utilizează pe scară largă în scopul conducerii curentului electric. Materialele care au o rezistivitate mare se numesc izolatori. Sticla, porțelanul, și bachelita sînt exemple obișnuite; deasemenea, se utilizează în prezent pe scară largă diferite mase plastice.

Cum se măsoară rezistența electrică?

Rezistența se măsoară în ohmi (Ω). Multiplii și submultiplii ohmului utilizați în radio și televiziune sînt indicați în tabelul 1. Sistemul de marcare al valorilor rezistențelor cu ajutorul codului culorilor este dat la sfîrșitul acestui capitol.

Ce este legea lui Ohm?

Dacă se aplică o tensiune de 1 volt unui circuit avînd rezistența de 1 ohm, curentul care va străbate circuitul va avea intensitatea de 1 A. De aici deducem o regulă uzuală: tensiunea (volți) = intensitatea (amperi) × rezistența (ohmi). Această formulă ne permite să calculăm valoarea oricărei din aceste trei mărimi atunci cînd celelalte două sînt date. Legea lui Ohm se poate scrie matematic în oricare din următoarele trei formule:

$$U = IR; \quad I = \frac{U}{R}; \quad R = \frac{U}{I}$$

unde U reprezintă tensiunea, R — rezistența și I — intensitatea curentului electric.

Ce este puterea electrică?

Puterea se poate defini ca fiind numeric egală cu energia consumată în unitatea de timp. Ea se măsoară în watt (W) și depinde de tensiunea de-a lungul circuitului și de curentul care-l străbate.

Puterea (watt) = tensiunea (volți) × curentul (amperi). Combinînd această formulă cu formula corespunzătoare legii lui Ohm obținem:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{sau} \quad P = I^2R$$

unde P reprezintă puterea.

Care este sensul în care circulă electronii într-un circuit?

Electronii, avînd sarcină electrică negativă, se mișcă de la polul negativ al sursei de alimentare de-a lungul circuitului către polul pozitiv (în sens invers sensului „convențional" de circulație al curentului stabilit mai înainte ca acțiunea electronilor să fi fost pe deplin înțeleasă). În circuitul din fig. 1 *a*, care este constituit dintr-o sursă de tensiune (o baterie) și o rezistență de sarcină R_1 care consumă curent și deci dezvoltă o putere, sensul în care circulă electronii este indicat cu ajutorul săgeților.

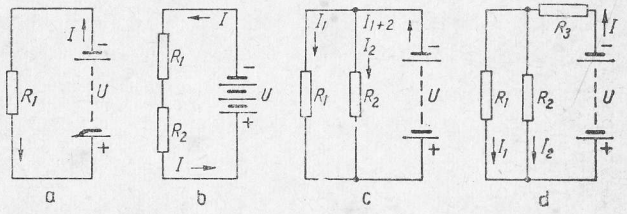


Fig. 1.:
a — Sensul de circulație al electronilor într-un circuit. *b* — Circuit serie; *c* — Circuit paralel; *d* — Circuit serie-paralel.

Care este intensitatea curentului care circulă în circuitul din fig. 1-a și care este efectul adăugării unei rezistențe suplimentare?

Dacă sursa de alimentare are 6 volți (tensiunea nominală pentru o baterie de acumulator cu trei celule) și dacă rezistența de sarcină R_1 este de 12 Ω, cu ajutorul legii lui Ohm vom calcula că intensitatea curentului din circuit este de 0,5 A. Adăugînd în serie cu R_1 o rezistență identică R_2, ca în fig. 1 *b*, curentul se reduce la 0,25 A, adică:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{6}{12+12} = 0{,}25 \text{ A}.$$

Cum se modifică curentul în cazul altor tipuri de circuite?

Circuitul din fig. 1 *b* este un circuit serie (toate elementele circuitului sînt conectate împreună în serie). Dacă în schimb vom conecta R_1 și R_2 ca în fig. 1 *c* vom forma un circuit paralel (derivație). În acest caz presupunînd că toate rezistențele sînt egale, curentul se divide în mod egal între cele două brațe ale circuitului. Tensiunea la bornele fiecărei rezistențe este aceeași ca și mai înainte și prin urmare și curentul prin fiecare rezistență rămîne același și vom avea prin întreg circuitul un curent de două ori mai mare (I_1+I_2).

Rezistența echivalentă a circuitului este deci de două ori mai mică. Pentru rezistențe de valori diferite conectate în paralel, rezistența echivalentă se calculează cu ajutorul formulei:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\ldots\text{etc.}$$

Pentru două rezistențe conectate în paralel se poate folosi formula simplificată:

$$R_{\text{total}}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}.$$

În circuitul serie-paralel din fig. 1 *d* curenții individuali pot fi calculați cu ajutorul legii lui Ohm, ținînd cont de rezistența echivalentă a combinației celor două rezistențe conectate în paralel obținută mai înainte, adăugînd apoi rezistența serie R_3 și calculînd astfel curentul total care circulă prin circuit. Se recomandă să facem exerciții, calculînd circuite simple de acest tip, deoarece ele se folosesc pe scară largă în radio și televiziune.

Cum se divid curentul și tensiunea pe diferite ramuri ale rețelei din fig. 1.d?

Mai întîi calculăm rezistența echivalentă a rețelei paralel constituită de R_1 și R_2 și apoi o adunăm la rezistența R_3 pentru a obține rezistența echivalentă totală. Împărțind tensiunea sursei la această rezistență echivalentă totală, vom obține curentul total prin circuit.

Dacă tensiunea sursei de alimentare U este 6 volți, $R_1=20\ \Omega$, $R_2=5\ \Omega$ și $R_3=8\ \Omega$, rezistența echivalentă a lui R_1 și R_2 în paralel va fi: $\frac{20\times5}{20+5}=4\ \Omega$, curentul principal al circuitului fiind 0,5 A, deoarece rezistența echivalentă totală este: $4+8=12\ \Omega$. Deoarece acest curent circulă prin rezistența R_3, tensiunea la bornele sale va fi: $8\times0{,}5=4$ V și deci tensiunea care există la bornele grupului paralel este 6—4=2 V. Deci, curentul prin R_1 este $2:20=0{,}1$ A și curentul prin R_2 este $2:5=0{,}4$ A. Ca o verificare să observăm că suma acestor doi curenți este egală cu curentul total care circulă prin circuit.

Ce putere se dezvoltă în circuitul analizat?

Puterea dezvoltată în R_3 este $I^2R_3=0{,}5^2\times8=2$ W. Puterea în R_1 este $I_1^2R_1=0{,}01\times20=0{,}2$ W. În R_2 puterea este $I_2^2R_2=0{,}16\times5=0{,}8$ W. Ca o verificare a acestor calcule, puterea totală în circuit poate fi evaluată ca fiind produsul tensiune×curent=$6\times0{,}5=3$ W, care reprezintă suma puterilor individuale. Cunoașterea puterilor care se disipă în rezistențele circuitelor de radio și televiziune, este extrem de importantă, deoarece acestea trebuie să poată disipa puterea respectivă fără a se încălzi exagerat și fără a se distruge.

Toate materialele rezistive se supun legii lui Ohm?

Nu! Rezistența anumitor materiale scade odată cu creșterea temperaturii; la altele, valoarea rezistenței depinde de tensiunea aplicată. Rezistențele care variază puternic cu temperatura se numesc termistoare și se utilizează pentru stabilizarea surselor de tensiune împotriva variațiilor cu temperatura; ele se întîlnesc în mod obișnuit în circuitele de alimentare ale filamentelor tuburilor electronice conectate în serie. Rezistorii, a căror rezistență variază cu tensiunea, se numesc cîteodată varistoare.

Care sînt efectele curentului electric?

Acestea sînt trei:
— efectul chimic;
— efectul termic;
— efectul magnetic.

Cum se utilizează efectul chimic?

Se întrebuințează la transformarea energiei chimice în energie electrică, în elemente cu acțiune primară (a) sau secundară (b).

a — Elementele numite „primare" sînt constituite din metale diferite aflate într-un electrolit care produc un curent electric care circulă printr-o sarcină exterioară, atunci cînd aceasta este conectată.

b — Elementele secundare sînt constituite din metale diferite și electrolit; plăcile pot fi „reformate" cu ajutorul curentului de încărcare. Datorită posibilităților de a livra curenți importanți pentru perioade scurte de timp, aceste elemente se utilizează în astfel de aplicații cum ar fi autovehicolele prevăzute cu motoare cu ardere internă, unde se poate aranja și posibilitatea reîncărcării.

Simbolul pentru o singură celulă este constituit dintr-o linie lungă subțire și o linie scurtă groasă dispuse paralel, așa cum este desenat și în fig. 1. Polul pozitiv reprezintă linia mai lungă.

Care este efectul termic al curentului electric?

Curentul care străbate un conductor consumă energie. Această energie se disipă sub formă de căldură. Mărimea acestei cantități de căldură depinde de curentul care circulă și de rezistența conductorului. Cantitatea de căldură produsă în unitatea de timp este egală cu puterea consumată, care după cum am văzut este egală cu I^2R.

Cum este utilizat efectul termic?

Cel mai clar exemplu este reșoul electric, unde un conductor avînd o rezistență relativ mare se încălzește la roșu cînd este străbătut de un curent electric. Alt exemplu este becul cu incandescență, al cărui filament se încălzește pînă la alb.

În montajele radio, se iau precauții pentru a se preveni efectele unei încălziri nedorite, dar acest efect este util în alte aplicații. Se construiesc, spre exemplu, ampermetre bazate pe efectul termic al curentului electric denumite ampermetre termice. Un dispozitiv cunoscut sub numele

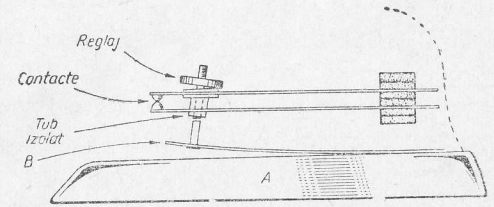


Fig. 2. Utilizarea termostatului cu lamelă bimetalică pentru controlul temperaturii unui fier de călcat electric.

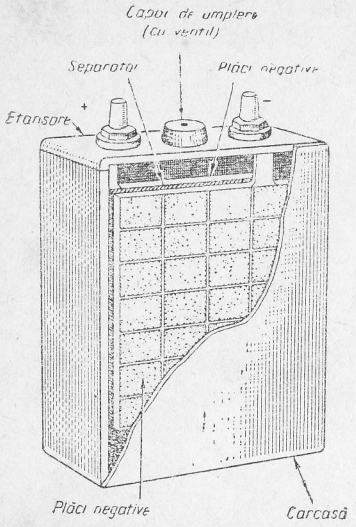


Fig. 3. Construcția unui element secundar tipic (acumulator reîncărcabil).

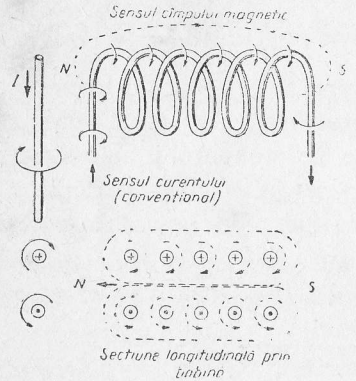


Fig. 4. Fluxul magnetic creat în jurul unui conductor străbătut de un curent electric. De observat că sensul curentului indicat este cel convențional, opus sensului real de circulație al electronilor.

de termostat se utilizează în calitate de „comutator" comandat de temperatură menținînd constantă temperatura unui corp care se încălzește. În fig. 2 este indicată construcția de bază a unui termostat, așa cum se utilizează într-un fier de călcat electric. Lamelele *A* și *B* sînt din metale diferite, care tind să se îndepărteze odată cu creșterea temperaturii acționînd contactele întrerupătorului care întrerupe alimentarea rezistenței.

Evident un ultim exemplu îl constituie încălzirea filamentului unui tub electronic. Despre acest lucru vom mai vorbi în cap. 3.

Ce este efectul magnetic al curentului electric?

Un conductor străbătut de un curent electric produce în jurul său un cîmp magnetic. Intensitatea cîmpului magnetic depinde de valoarea curentului, iar sensul cîmpului magnetic, sau „polaritatea magnetică" depinde de sensul curentului electric.

Simbolurile care indică aceste efecte sînt date în fig. 4, unde o cruce indică că sensul curentului este de la observator intrînd în planul hîrtiei, iar un punct indică că sensul curentului este către observator, perpendicular pe planul hîrtiei.

Apare acest efect și la bobine?

Referindu-ne din nou la fig. 4, putem considera că spirele unei bobine confecționate din sîrmă produc în jurul lor un cîmp magnetic orientat în aceiași direcție, astfel încît efectul total va fi un cîmp magnetic cu fluxul concentrat în interiorul bobinei; polaritatea acestui cîmp se determină așa după cum am văzut, polul nord fiind „dispus" la capătul bobinei spre care liniile cîmpului magnetic circulă în interiorul bobinei (capătul din care ies liniile de cîmp).

Se poate modifica concentrarea fluxului cîmpului magnetic?

Există trei căi pentru creșterea fluxului:

— creșterea numărului de spire ale bobinei,

— creșterea curentului prin bobină;

— introducerea unui miez de fier moale în bobină. Ultima metodă transformă bobina într-un electromagnet.

Cum se întărește fluxul magnetic în prezența miezului de fier?

Fierul moale are o reluctanță mai mică decît aerul (reluctanța este rezistența ce se opune fluxului magnetic, așa după cum rezistența electrică se opune trecerii curentului electric). Fierul moale concentrează fluxul într-o suprafață mai mică întărind astfel cîmpul. Micșorînd în-

trefierul dintre polii unui electromagnet, fluxul crește și mai mult. O metodă practică este confecționarea miezului în forma literei U, sau sub formă de potcoavă.

Care sînt aplicațiile electromagneților?

Electromagneții se folosesc pentru a transforma energia electrică în energie mecanică și pentru a transforma energia mecanică în energie electrică. Exemple practice din prima categorie sînt releele și solenoizii. Releele și selenoizii se utilizează pe scară largă în magnetofoane, atît pentru acționarea automată a mecanismelor, cît și pentru a realiza diverse operații mecanice cu un efort manual minim. În fig. 5 se indică construcția de bază a unui releu și a unui selenoid.

Curentul ce străbate bobina releului acționează electromagnetul atrăgînd armătura, care deplasîndu-se vine în contract contactele întrerupătorului. În acest mod se pot utiliza diverse metode de comutare. Curentul care străbate solenoidul atrage un miez de fier moale în interiorul bobinei. La acest miez este atașată o tijă care acționează un întrerupător sau care efectuează o anumită operație mecanică. Inversînd sensul curentului se obține respingerea miezului. În practică acesta este deobicei susținut de un arc elastic.

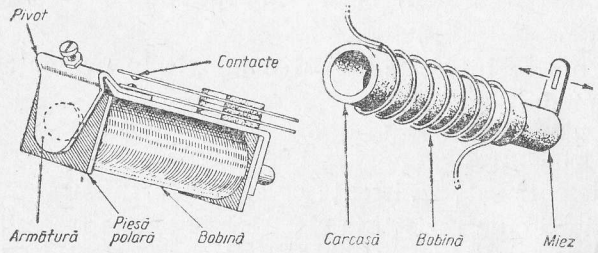


Fig. 5. Construcția unui releu tipic (*a*) și a unui solenoid (*b*).

Cum funcționează un instrument de măsură?

Un magnet permanent avînd piesele polare profilate ca în fig. 6, produce un flux magnetic puternic în întrefier. Aici este suspendată o bobină, montată pe un cilindru, care se poate roti în jurul unui ax la care este atașat un ac indicator. Curentul care străbate bobina provoacă apariția unui flux în bobină, care se adună sau se scade fluxului magnetului permanent, determinînd rotația cilindrului în jurul axului, respectiv deplasarea acului indicator de-a-lungul scalei. Se utilizează diverse metode pentru a amortiza mișcarea acului indicator și pentru a evita oscilațiile acului. Tipul descris mai sus se numește instrument cu bobină mobilă sau instrument magnetoelectric. Un dispozitiv asemănător este instrumentul cu miez mobil, la care procedeul este întrucîtva inversat. Acul indicator este montat pe o piesă de fier moale care se poate roti și care se mișcă în cîmpul unui electromagnet.

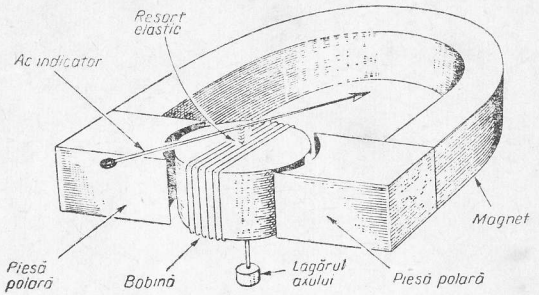


Fig. 6. Părțile principale ale unui instrument cu bobină mobilă.

Cum se mai poate utiliza acest principiu?

Dacă ne referim la construcția de bază a unui generator electric (fig. 7) și considerăm o viteză uniformă de rotație a spirei, se observă că atunci cînd, în timpul rotației,

spira trece prin poziția orizontală, secțiunea *AB* a conductorului taie în unitatea de timp un număr maxim de linii de cîmp. Conductorul formează o spiră prevăzută cu două inele colectoare conectate la capete, care se găsesc în con-

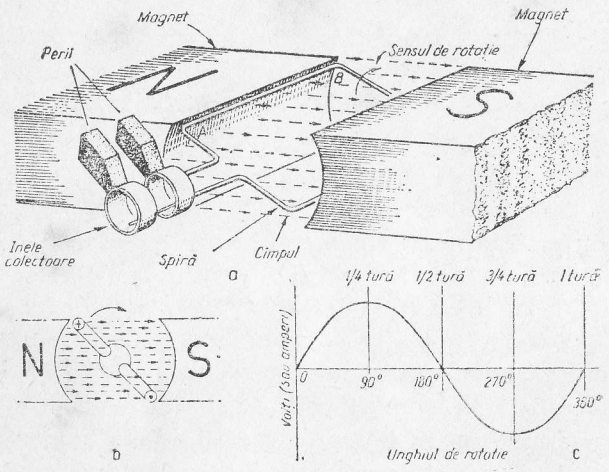


Fig. 7.:
a — Construcția unui generator electric cu doi poli. *b* —Sensul convențional al curentului în conductor într-o poziție oarecare a spirei în rotație. *c* — Variația tensiunii (sau a curentului) cu unghiul de rotație al conductorului aflat într-un cîmp magnetic constant.

tact cu două perii. Ori de cîte ori conductorul trece de punctul de minim, adică poziția cea mai de jos (planul spirei vertical), sensul curentului indus în spiră se schimbă.

Deci, la conexiunile periilor se culege către circuitul exterior de sarcină un curent care variază atît ca mărime, cît și ca sens.

Se poate arăta că acest curent alternativ care se obține rotind spira cu o viteză constantă, variază în timp ca și oscilația sinusoidală bine cunoscută în radio și televiziune.

Ce este frecvența?

S-a arătat că o rotație completă (360°) a unei spire a unui generator produce o oscilație sinusoidală. Viteza de rotație a spirei determină numărul oscilațiilor produse într-un interval de timp dat sau numărul de perioade pe secundă, cunoscut sub denumirea de frecvența curentului alternativ (se măsoară în Hz). Conectînd un voltmetru la bornele generatorului, se poate arăta că tensiunea variază în același fel, adică sinusoidal. Dacă echipajul mobil al instrumentului de curent continuu are o inerție mecanică suficient de mică pentru a urmări fidel valoarea instantanee a tensiunii și dacă instrumentul are zero la mijlocul scalei pentru a indica și valori negative, atunci mișcarea acului va urmări oscilația sinusoidală.

În practică se bobinează pe o armătură un număr mare de spire și în locul magnetului permanent se folosește o înfășurare care produce cîmpul magnetic de bază în care se rotește armătura.

Care este frecvența standardizată?

În radio și televiziune ne interesează în primul rînd frecvența oscilațiilor emisiunilor de radiodifuziune, care se produc cu ajutorul altor dispozitive și care acoperă o gamă care se întinde de la cîteva sute de kHz la zeci de MHz. Energia care se utilizează pentru acționarea diferitelor echipamente se obține de la rețeaua de curent alternativ a cărui frecvență standardizată este de 50 Hz.

Ce se înțelege prin valoarea eficace?

După cum am văzut mai sus, oscilația sinusoidală variază pornind de la valoarea zero către valoarea maximă, revine la zero, schimbă polaritatea și variază din nou în

același mod în timpul fiecărei perioade în parte. Deci, o tensiune alternativă își atinge valoarea maximă: (amplitudinea) de două ori într-o perioadă: o dată valoarea maximă pozitivă, o dată cea negativă.

Dacă considerăm un curent alternativ ce străbate o rezistență și măsurăm energia termică degajată, găsim că aceasta reprezintă doar 0,5 din energia termică produsă în același timp și în aceeași rezistență de un curent continuu (constant) egal cu valoarea de vîrf a curentului. Un curent continuu avînd intensitatea egală cu 0.707 din valoarea de vîrf ar produce același efect termic ca și curentul alternativ. Aceasta este valoarea eficace a curentului alternativ, care reprezintă rădăcina pătrată a valorii medii a pătratului curentului. Valoarea de vîrf este de 1,414 ori mai mare decît valoarea eficace, adică se poate scrie $I_{ef}=I_{vîrf}/\sqrt{2}=0{,}707\ I_{vîrf}$.

În radio și televiziune se indică de obicei valorile eficace afară de cazul cînd este convenit altfel. Valorile de vîrf se stabilesc acolo unde este necesar prin înmulțirea valorilor eficace cu 1,414.

Ce este inductanța?

Variația curentului ce trece într-o bobină provoacă apariția unei tensiuni electromotoare care se opune variației curentului. Apariția acestei tensiuni contraelectromotoare constituie fenomenul de autoinducție. Cu cît numărul de spire al bobinei este mai mare, cu atît inductanța ei este mai mare.

Simbolul pentru inductanță este L și unitatea de măsură este henry (H). Aceasta reprezintă inductanța care provoacă apariția unei tensiuni contraelectromotoare de 1 V atunci cînd curentul scade liniar cu 1 A într-o secundă. Inductanțele conectate în serie se adună, ca și rezistențele, iar pentru inductanțele conectate în paralel se calculează inductanța echivalentă adunînd inversele lor în mod similar rezistențelor.

Ce efect are introducerea unui miez în bobină?

Un miez de fier sau din pulbere de fier tinde să întărească cîmpul magnetic și prin urmare inductanța crește pe măsură ce se introduce miezul în bobină. Cuprul și alama au un efect invers, provocînd micșorarea inductanței pe măsura introducerii miezului. Miezurile confecționate din amestec de pulberi de fier, cunoscute sub numele de ferocart se utilizează pe scară largă în radio și televiziune pentru a se realiza acordul circuitelor.

Ce este un transformator?

Dacă o bobină străbătută de un curent alternativ este amplasată în vecinătatea altei bobine, cîmpul magnetic al primeia produce apariția unei tensiuni electromotoare în spirele celei de a doua. Cele două bobine sînt cuplate inductiv. Două sau mai multe înfășurări cuplate în acest mod compun un transformator. Înfășurarea care este alimentată cu curent se numește înfășurare primară, iar înfășurare în care se induce tensiunea se numește înfășurare secundară.

Există mai multe tipuri de transformatoare?

În fig. 8 se arată cîteva tipuri utilizate în echipamentele radio. Acestea pot fi: a) fără miez feromagnetic și fără carcasă („pe aer"); b) acordate, cu miez de ferocart; c) bobinate pe un miez de tole din fier moale. Primele două tipuri sînt transformatoare de înaltă frecvență, iar ultimul tip ce utilizează pentru joasă frecvență. În afară de

acestea, în circuitele de înaltă tensiune din etajul final de baleiaj pe orizontală din receptoarele de televiziune, se utilizează un tip special de transformator, avînd înfășurările bobinate pe un miez de ferită. În cazul transfor-

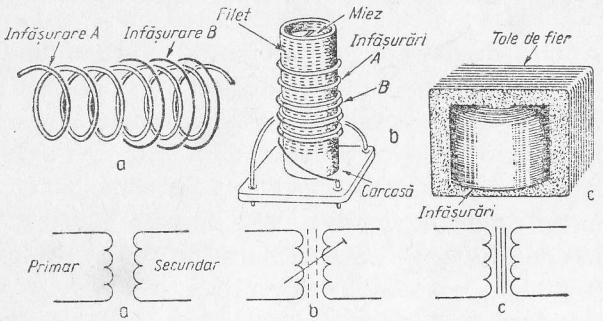


Fig. 8. Tipuri de transformatoare cu simbolurile respective:
a — fără miez; *b* — cu miez acordabil (ferită sau alamă); *c* — transformator de joasă frecvență cu miez de fier.

matoarelor la care înfășurările constituie circuite acordate, mărimea cuplajului între înfășurări este stabilită de distanța între înfășurări, astfel încît se poate controla lărgimea de bandă în care transformatorul lucrează efectiv.

Care este relația între numărul de spire al înfășurărilor?

Raportul între numărul de spire al înfășurării primare și al înfășurării secundare este direct proporțional cu raportul tensiunilor din primar și secundar. Deci, dacă înfășurarea secundară are de două ori mai multe spire decît înfășurarea primară, se obține în secundar o tensiune de două ori mai mare ca în primar (într-un transformator ideal). Transformatorul se numește ridicător de tensiune avînd raportul de transformare 2 : 1. Invers, dacă înfă-

șurarea secundară are un număr de spire egal cu jumătate din numărul de spire al înfășurării primare, se obține în secundar o tensiune de două ori mai mică și în acest caz transformatorul se numește coborîtor de tensiune, avînd raportul de transformare 1 : 2.

Cum se transferă puterea?

Puterea în înfășurarea primară este egală cu produsul între tensiune și curent. Dacă transformatorul are randamentul 100% (transformator ideal), puterea din secundar trebuie să fie egală ce cea din primar și deci o ridicare a tensiunii de două ori în secundar, va cauza o scădere corespunzătoare de două ori a curentului din secundar. Dublînd tensiunea, reducem la jumătate curentul și invers. În practică transformatoarele nu sînt însă atît de eficiente și transferul de putere nu este în totdeauna atît de important ca alți parametrii de bază ai transformatorului.

Ce este capacitatea electrică?

Capacitatea electrică este proprietatea de a înmagazina energie în cîmpul electric. Un condensator se compune în esență dintr-o pereche de plăci (armături) separate printr-un dielectric. În practică, armăturile pot fi confecționate din plăci metalice rigide sau din folii maleabile, iar dielectricul poate fi aerul sau un alt izolant cum ar fi mica, hîrtia cerată sau diverse materiale ceramice. Într-un condensator electrolitic, dielectricul conține și un amestec de substanțe chimice.

Cum se măsoară capacitatea?

Unitatea de măsură a capacității este faradul, dar deoarece acesta este prea mare pentru valorile uzuale întîl-

nite, se utilizează submultiplii săi: microfaradul (μF), a milioana parte dintr-un farad, și picofaradul (pF) a milioana parte dintr-un microfarad.

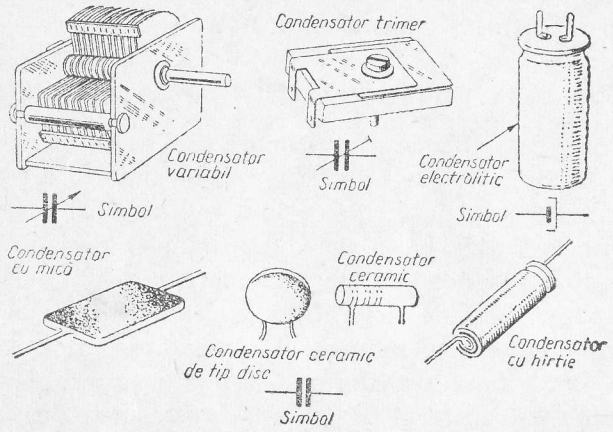


Fig. 9. Condensatoare tipice și simbolurile respective.

Tabelul 1

Multiplii și submultiplii unor mărimi electrice

Mărimea	Multiplii și submultiplii	Simbolu
Rezistența	microhm $=10^{-6}$ ohm Ohm kiloohm $=10^{3}$ ohm megohm $=10^{6}$ ohm	 KΩ MΩ
Capacitatea	picofarad $=10^{-12}$ farad nanofarad $=10^{-9}$ farad microfarad $=10^{-6}$ farad farad	pF nF μF F
Frecvența	hertz kilohertz $=10^{3}$ hertz megahertz $=10^{6}$ hertz gigahertz $=10^{9}$ hertz	Hz KHz MHz GHz

Cum se calculează constanta de timp?

Constanta de timp a unui grup RC este dată de produsul $R \times C$ și este importantă în multe aplicații din radio și televiziune. Dacă se trasează graficul variației tensiunii de încărcare a unui condensator printr-o rezistență (fig. 10)

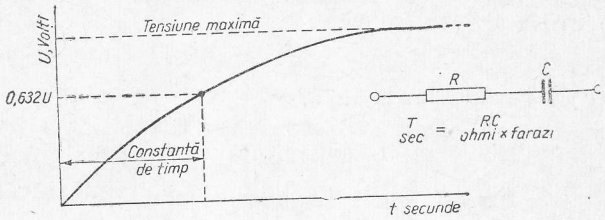


Fig. 10. Încărcarea unui condensator printr-o rezistență. Constanta de timp este egală cu timpul necesar încărcării (sau descărcării) la aproximativ 2/3 din valoarea tensiunii aplicate.

funcție de timp (măsurat în secunde) atunci cînd se aplică o tensiune U, se poate observa că panta graficului ne poate da o indicație asupra valorii constantei de timp. Intervalul de timp cuprins între punctele de 0 și 63,2% din tensiunea totală, ne dă chiar valoarea constantei de timp RC exprimată în secunde.

$RC=T$, unde R este exprimată în ohmi, iar C în farad.

T este intervalul de timp mai sus menționat, măsurat în secunde.

Ce este reactanța capacitivă?

Ca și inductanța, capacitatea se opune trecerii curentului electric alternativ. În curent continuu, condensatorul reprezintă evident o întrerupere a circuitului. În curent alternativ un condensator prezintă o anumită reactanță care depinde de valoarea condensatorului și de frecvența

curentului alternativ care se aplică. Reactanța capacitivă exprimată în ohmi este dată de relația:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

unde f este exprimată în Hz, iar C în farad. Reactanța unei inductanțe este $X_L = 2\pi fL$, unde X_L se exprimă în ohmi, f în Hz și L în henry.

Care sînt relațiile de fază?

Într-un circuit cu o capacitate pură, tensiunea este nulă atunci cînd curentul are valoarea maximă încărcînd armăturile. Cînd tensiunea crește pînă la valoarea de încărcare, curentul descrește. Trasînd variația tensiunii și a curentului funcție de timp, ca în fig. 11, se observă că curentul o ia înaintea tensiunii cu 90°. Unda de curent taie axa cu 90° mai devreme decît unda corespunzătoare tensiunii. Dacă se înseriază o rezistență în circuit, avansul curentului (sau altfel vorbind rămînerea în urmă a tensiunii) devine mai mic. Dacă rezistența este egală exact cu reactanța condensatorului, se poate arăta că defazajul devine 45°. Dacă circuitul conține doar o rezistență „pură", tensiunea și curentul vor fi în fază (defazajul va fi 0°).

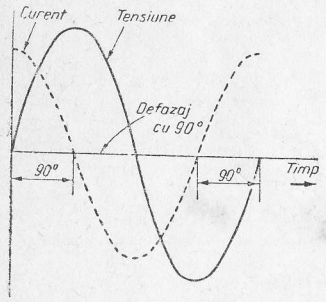


Fig. 11. Defazajul între curent și tensiune într-un circuit reactiv. Pentru o capacitate pură, curentul este înaintea tensiunii cu 90° (ca în figură); pentru o inductanță pură, tensiunea este înaintea curentului cu 90°.

Într-un circuit cu inductanță situația este inversă.

Tensiunea este defazată înainte cu 90° pentru o inductanță pură și cu 45° atunci cînd rezistența circuitului este egală cu reactanța inductanței. În practică componentele electronice nu sînt ideale; o bobină are atît o rezistență cît și o capacitate proprie.

Care este comportarea unui circuit RC sau RL serie?

Din cauza defazajului între tensiunea și curentul la bornele condensatorului, calculul impedanței totale a circuitului compus dintr-o capacitate serie cu o rezistență (adică așa numita „rezistență în curent alternativ") nu se face pur și simplu prin însumare. Impedanța (raportul între tensiunea la bornele întregului circuit și curentul ce-l străbate) este $Z = \sqrt{X_C^2 + R^2}$, iar impedanța unui circuit format dintr-o inductanță conectată în serie cu o rezistență este $Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$.

Ce este rezonanța?

Combinînd o capacitate C și o inductanță L formăm un circuit acordat care este „sensibil" la o anumită valoare a frecvenței, numită frecvență de rezonanță. La această frecvență reactanța capacității este egală cu aceea a inductanței. Pentru a găsi frecvența de rezonanță a unui circuit, cunoscînd valorile lui L și C, combinăm cele două formule ale reactanțelor și știind că $X_L = X_C$ sau $2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$ se poate găsi imediat frecvența de rezonanță:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Ce se înțelege prin factorul de calitate Q al unei bobine?

Q este raportul dintre reactanța bobinei unui circuit acordat și rezistența acesteia. O bobină perfectă nu are rezistență ohmică, care să producă pierderi de energie și prin urmare factorul de calitate Q ar fi infinit de mare. Deci Q este o măsură a „randamentului" sau mai bine zis a calității unei bobine. El este de asemenea o măsură a selectivității unui circuit acordat. Cu cît Q este mai mare cu atît circuitul este mai selectiv.

Ce se înțelege prin amortizarea unui circuit acordat?

Amortizarea unui circuit acordat constă în conectarea unei rezistențe relativ mici în paralel cu circuitul pentru a-i reduce impedanța și factorul de calitate. Amortizarea reduce impedanța și deci mărește lărgimea de bandă a unui circuit acordat (fig. 41).

Care este codul culorilor pentru rezistențe?

Caracteristicile sînt notate chiar de cerculețele colorate, care se citesc de la capătul rezistenței către centru, sau în următoarea ordine: culoarea corpului rezistenței, culoarea unei extremități, culoarea unui punct sau al unei benzi colorate. Cînd și cealaltă extremitate este de asemeni colorată, aceasta semnifică toleranța. Prima culoare reprezintă prima cifră a valorii rezistenței, a doua — a doua cifră, a treia — numărul de zerouri care se adaugă primelor două cifre (multiplicatorul), a patra — toleranța. Cînd nu se indică toleranța, aceasta este de $\pm 20\%$.

De exemplu: o rezistență avînd corpul mare, o extremitate roșie și un punct galben, va avea 120 000 ohmi.

Tabelul 2

Codul culorilor pentru rezistențe

Culoarea	Prima cifră	A doua cifră	Multiplicator	Toleranța
negru	—	0	1	—
maro	1	1	10	±1%
roșu	2	2	10^2	±2%
portocaliu	3	3	10^3	—
galben	4	4	10^4	—
verde	5	5	10^5	—
albastru	6	6	10^6	—
violet	7	7	10^7	—
gri	8	8	10^8	—
alb	9	9	10^9	—
auriu	—	—	0,1	±5%
argintiu	—	—	0,01	±10%
fără culoare	—	—	—	±20%

O rezistență cu 4 benzi citite de la stînga la dreapta (de la capăt către centru) în ordinea: verde, albastru, negru, auriu, este o rezistență de 56 ohmi cu $\pm 5\%$ toleranță.

Același sistem se aplică și la condensatoare?

Pentru a se indica toleranța și tensiunile de lucru se utilizează mai multe coduri diferite. În cele mai multe cazuri se aplică de asemeni codul numeric al culorilor de la rezistențe pentru a se indica valoarea condensatorului, unitatea fiind picofaradul (10^{-12} farad). Codul culorilor se utilizează de asemeni pentru a se indica toleranța în unele cazuri, adică maro reprezintă 1%, portocaliu — 3% etc., iar tensiunile de lucru multiplicate cu 100, se pot reprezenta și ele cu ajutorul codului culorilor; astfel roșu reprezintă o tensiune de lucru de 200 V. Poziția punctelor sau a benzilor colorate diferă de la tip la tip. De pildă, condensatorii ceramici utilizează un punct colorat la capăt pentru a indica coeficientul de temperatură, iar următoarele trei puncte în ordine, pentru a indica cifrele corespunzătoare valorii.

2 Unde sonore și unde radio

r.tv r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Ce este o undă radio?

O undă radio este o undă electromagnetică; ea constă în propagarea energiei unui cîmp electromagnetic de intensitate variabilă în timp într-un mediu dat. Undele electromagnetice se pot propaga și în vid.

Ce este lungimea de undă?

Distanța între două maxime succesive oarecare sau între două minime succesive, se numește lungime de undă. Timpul necesar propagării pe o distanță egală cu lungimea de undă definește perioada.

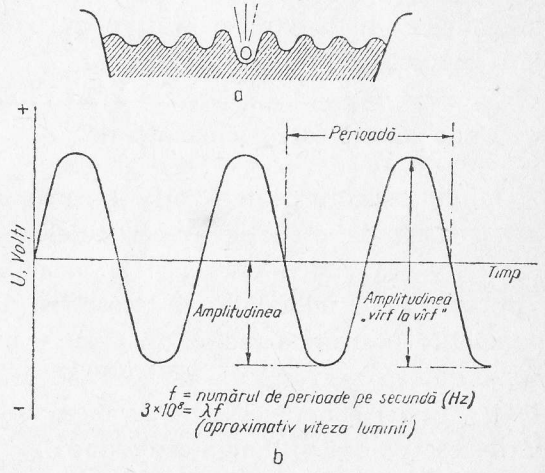


Fig. 12.: *a* — Formarea unei unde. *b* — Parametrii unei unde: lungimea de undă, frecvența, perioada și amplitudinea.

În radio, lungimile de undă se măsoară în metri, iar simbolul pentru lungimea de undă este litera grecească lambda, λ.

Ce este frecvența?

Așa după cum am văzut în cap. 1, frecvența unei oscilații periodice este dată de „viteza" ei de repetiție în timp sau mai exact de numărul de perioade într-un interval de timp considerat; ea se măsoară în Hertz (1 Hz=o perioadă pe secundă). Amplitudinea oscilației este distanța între nivelul mediu și vîrf. Undele radio se clasifică funcție de frecvența și de lungimea lor de undă, clasificarea standard fiind dată în tabelul 3.

Există o relație între lungimea de undă și frecvență?

Viteza cu care se propagă energia undei este determinată de mediu. În vid (și în aer) undele radio se propagă cu viteza luminii, care este aproximativ egală cu $3 \cdot 10^8$ metri pe secundă. Dacă se împarte această constantă cu lungimea de undă exprimată în metri, se obține frecvența în Hz. Adică: $3 \cdot 10^8 = f(Hz) \times \lambda(m)$.

Unda sonoră este asemănătoare?

O undă sonoră poate fi privită ca reprezentînd propagarea stării de oscilație a particulelor mediului (aer), respectiv a variației vitezei și a presiunii lor. Unda sonoră este longitudinală, spre deosebire de unda electromagnetică (sau unda radio), care este transversală. Viteza sunetului în aer este în jur de 331 metri pe secundă. Viteza undei sonore este de asemeni egală cu produsul între frecvența ei și lungimea de undă.

Tabelul 3

Lungimi de undă și frecvențe

Gama	Frecvența	Lungimea de undă	Denumirea
1	2	3	4
V L F frecvențe foarte joase	sub 30 kHz	peste 10 000 m	myriametrice
L F frecvențe joase	30 ... 300 kHz	10 000 ... 1 000 m	kilometrice
M F frecvențe medii	300 ... 3 000 kHz	1 000 ... 100 m	hectometrice
H F frecvențe înalte	3 000 ... 30 000 kH	100 ... 10 m	decametrice
V H F frecvențe foarte înalte	30 ... 300 MHz	10 ... 1 m	metrice
U H F frecvențe ultra înalte	300 ... 3 000 MHz	100 ... 10 cm	decimetrice
S H F frecvențe super înalte	3 ... 30 GHz	10 ... 1 cm	centimetrice
E H F frecvențe extrem de înalte	30 ... 300 GHz	10 ... 1 mm	milimetrice

Ce fel de tipuri de oscilații se întîlnesc în radiotehnică?

Trebuiesc considerate trei tipuri principale de oscilații:

— oscilația sinusoidală de amplitudine constantă;

— oscilația amortizată a cărei amplitudine scade progresiv în timp, viteza de descreștere fiind denumită decrement;

— oscilația modulată, a cărei amplitudine sau frecvență este variabilă.

Ce este modulația de amplitudine?

Dacă o oscilație de joasă frecvență denumită modulatoare este „mixată" cu o oscilație de înaltă frecvență denumită purtătoare, astfel încît rezultatul este o oscilație a cărei amplitudine variază în ritmul frecvenței modulatoare, se obține o oscilație modulată în amplitudine. Așa după cum se arată în fig. 13 *a*, „anvelopa" oscilației variază în timp în ritmul oscilației modulatoare, dar frecvența de bază rămîne constantă. Aceasta este caracteristic modulației de amplitudine (MA), iar procesul de obținere a unei oscilații modulate se numește modulație.

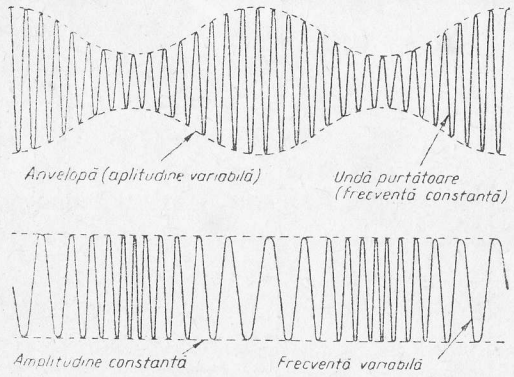


Fig. 13. Unde modulate:
a — undă modulată în amplitudine; *b* — undă modulată în frecvență avînd amplitudinea constantă și frecvența variabilă.

Ce este modulația de frecvență?

Dacă oscilația de frecvență joasă (modulatoare) este utilizată pentru a varia frecvența purtătoarei, amplitudinea acesteia rămînînd constantă, se obține o oscilație ca în fig. 13 *b* denumită oscilație modulată în frecvență (MF). Această formă de transmisiune are cîteva avantaje printre care reducerea la recepție a interferenței datorată impulsurilor perturbatoare.

Cum se recuperează sunetul dintr-o undă modulată într-un receptor?

Semnalul de radiofrecvență modulat este captat de o antenă și amplificat apoi de diferite circuite pe care le vom considera mai departe. El se aplică apoi detectorului, unde se face demodularea, componenta de radiofrecvență a semnalului fiind apoi separată și eliminată prin filtrare; componenta de frecvență audio obținută prin demodulare, după o nouă amplificare, se aplică unui traductor care de obicei este un difuzor sau o cască telefonică și convertit apoi în unde sonore.

Cum funcționează difuzorul?

Un difuzor utilizează curentul electric pentru a produce mișcare mecanică utilizîndu-se interacțiunea cîmpurilor magnetice, așa cum s-a arătat în cap. 1. Curenții de audiofrecvență se aplică bobinei mobile (fig. 14) care este montată în cîmpul unui magnet permanent. Bobina mo-

bilă a unui difuzor tipic este bobinată pe o carcasă care se poate mișca înainte și înapoi în întrefierul unui magnet puternic. Sensul curentului de audiofrecvență determină sensul de mișcare, iar amplitudinea curentului — mărimea deplasării și prin urmare și tăria sunetului produs. La carcasa bobinei este legat un con fixat și la carcasa metalică a difuzorului, la marginea lui exterioară. Mișcarea conului „împinge" aerul și generează astfel unde sonore.

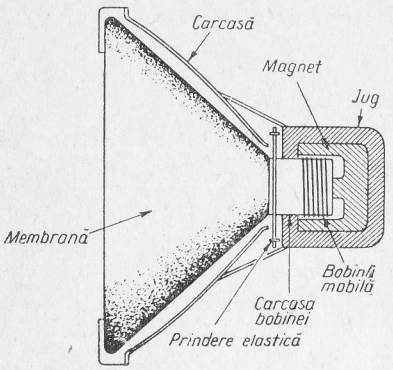


Fig. 14. Construcția unui difuzor tipic cu bobină mobilă.

Casca telefonică este similară?

În timp ce difuzorul este un dispozitiv de tipul cu bobină mobilă, multe tipuri de căști utilizează principiul miezului de fier mobil, o mică diafragmă metalică fiind atrasă și respinsă de cîmpul magnetic creat de curenții de audiofrecvență care străbat bobina. Casca miniaturală modernă utilizată la aparatele de radio portative, a fost redusă la dimensiuni foarte mici datorită dezvoltării materialelor magnetice îmbunătățite. Casca de joasă impedanță cu bobină mobilă se folosește pe scară largă pentru audițiile de înaltă fidelitate.

Există diferite tipuri de difuzoare?

Marea majoritate utilizează principiul ilustrat în fig. 14, cu diferențe constructive menite să îmbunătățească randamentul și răspunsul în frecvență. Există un

mare număr de studii efectuate în domeniul proiectării difuzoarelor și a incintelor în care se amplasează difuzoarele, cu scopul de a se obține o reproducere a sunetului de înaltă fidelitate. Difuzorul electrostatic constituie o replică importantă a difuzorului cu bobină mobilă.

Care este principiul unui difuzor electrostatic?

Se utilizează două plăci similare armăturilor unui condensator. Una este fixă și de obicei perforată. Cealaltă vibrează în vecinătatea plăcii fixe, dar fără a o atinge, producînd unde sonore. Plăcilor li se aplică o tensiune de polarizare mai mare decît tensiunea audio de vîrf prin intermediul unei rezistențe de protecție limitatoare, al cărei rol este să protejeze sursa de audiofrecvență de joasă impedanță de eventuale scurtcircuite.

De ce este necesară tensiunea de polarizare?

Dacă se aplică semnalul de audio ca de obicei printr-un condensator de valoare mare (fig. 15), sarcina acumulată pe plăci variază odată cu semnalul sonor. Fără tensiunea de polarizare, placa mobilă ar fi atrasă către placa fixă de două ori în cursul aceleiași perioade. Dacă se aplică și tensiunea de polarizare, placa mobilă se va deplasa proporțional cu forța de atracție a plăcii fixe.

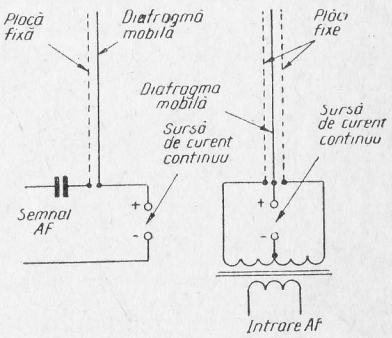


Fig. 15. Principiul difuzoarelor electrostatice:
a — simplu; *b* — cu opoziție de fază.

Difuzorul electrostatic este adesea utilizat pentru redarea frecvenţelor audio înalte în combinaţie cu un difuzor convenţional cu bobină mobilă pentru redarea frecvenţelor audio joase şi medii.

Ce este scara acustică?

Valoarea frecvenţei care poate fi percepută depinde de intensitatea sonoră şi de auzul ascultătorului. O persoană tînără şi sănătoasă poate auzi sunete pînă la aproape 20 000 Hz. Sub 20 Hz senzaţia este mai degrabă tactilă decît auditivă.

Care este efectul intensităţii sonore asupra urechii?

Urechea omenească nu este la fel de sensibilă la variaţii de amplitudine. Sunete de diverse înălţimi, dar de aceeaşi amplitudine, dau senzaţia unor tării diferite. Sensibilitatea urechii omeneşti este maximă în jurul frecvenţei de 3 000 Hz. Fig. 16 indică binecunoscutele curbe ale

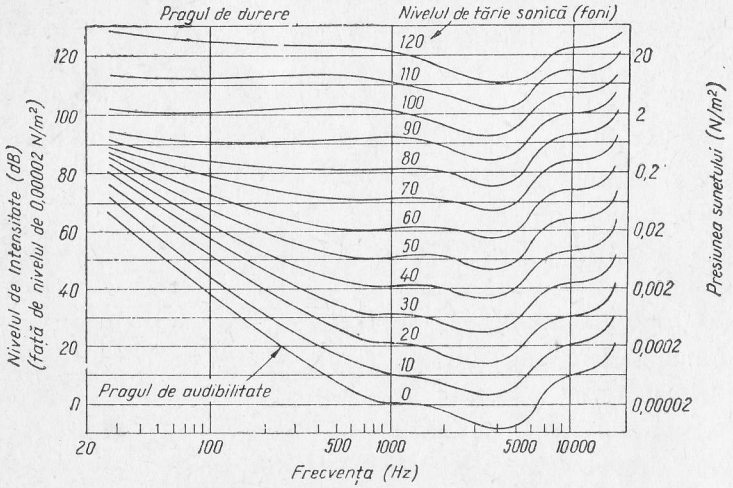


Fig. 16. Curbele Fletcher — Munsen de egală tărie sonală.

intensităţii sonore Fletcher—Munsen, care ilustrează variaţia sensibilităţii urechii la diferite frecvenţe.

Cum se măsoară tăria sonoră?

Pentru că sensibilitatea urechii nu este liniară, urmînd o curbă logaritmică, se poate utiliza ca măsură raportul energiilor, respectiv al puterilor a două sunete ce se compară. Logaritmul zecimal a două puteri ne dă relaţia dintre ele exprimată în unităţi logaritmice denumite Bel. Deci avem $N(Bel)=\log(P_2/P_1)$, reprezentînd o scădere a puterii cînd P_2 este mai mic ca P_1 şi atunci N devine negativ.

Ce este decibelul?

Întreaga scară a auzului omenesc este conţinută într-un raport de variaţie al intensităţii de aproximativ 13 Bel. Aceasta se întinde de la pragul de audibilitate pînă la punctul unde senzaţia auditivă devine dureroasă (pragul de durere). Pentru a acoperi această gamă cu o scară convenabilă, se întrebuinţează decibelul, care este egal cu o zecime dintr-un bel. Modificînd formula anterioară pentru raportul puterilor, rezultă: $N(dB)=10\log(P_2/P_1)$.

Cum se poate utiliza această formulă pentru a compara două tensiuni sau curenţi?

Presupunînd că impedanţele pe care lucrează tensiunile sau curenţii sînt identice, comparaţia se face calculînd logaritmul raportului celor două tensiuni sau curenţi. Dar, deoarece puterea variază cu pătratul tensiunii sau curentului, iar decibelul indică de fapt un raport de puteri, formula devine:

$$N(dB)=20\log\frac{U_2}{U_1}$$

(deoarece $\log a^2=2\log a$).

Cum captează o antenă semnalele radio?

Un semnal radio reprezintă o succesiune („un tren") de oscilații electromagnetice ce se propagă în spațiu. Fiecare emisiune are frecvența ei caracteristică (frecvența undei purtătoare) și respectiv lungimea ei de undă specifică. Unele antene pot fi acordate astfel încît să capteze energia unor semnale de o anumită frecvență sau dintr-o anumită bandă de frecvențe.

Antenele acordate nu se utilizează în general pentru benzile de radiodifuziune. Legătura la pămînt formează o bornă a sistemului de recepție, iar firul antenei cealaltă bornă. Între aceste borne apare tensiunea de radiofrecvență captată. La frecvențe înalte antena poate fi acordată ușor prin modificarea lungimii ei.

Există alte metode de a acorda o antenă?

Acolo unde în practică nu este convenabil să adaptăm lungimea antenei la lungimea de undă a semnalului recepționat, se poate adăuga fie un condensator, fie o bobină la capătul unor anumite tipuri de antene, pentru a se modifica astfel „lungimea electrică" (echivalentă); prin urmare pot fi acordate și antenele de lungimi fixe modificînd valoarea capacității sau a inductanței adăugate, variindu-se astfel lungimea de undă a semnalelor recepționate.

Această operație se numește uneori „încărcarea" antenei.

Ce este încărcarea antenei?

Adăugînd o bobină la capătul de jos al fiderului antenei crește efectiv inductanța antenei și se reduce frecvența ei proprie, („lungirea" antenei). Un condensator conectat în serie reduce capacitatea antenei și ridică astfel frecvența proprie de lucru („scurtarea" antenei).

Ce este impedanța unei antene?

Impedanța se calculează împărțind tensiunea la curent. Cum acestea variază în diverse puncte de-a lungul antenei, în cazul dipolului impedanța trebuie înțeleasă ca fiind egală cu impedanța măsurată în centrul dipolului. Aceasta este în jur de 73 ohmi, crescînd către infinit cînd punctele de conectare se apropie de extremitățile celor două secțiuni ale antenei.

Ce tipuri de antene se întrebuințează?

Tipul principal de antenă este arătat în fig. 17, unde este ilustrată de asemenea și distribuția de tensiune și curent în antenă. Notăm că adăugarea unor elemente suplimentare (pasive) denumite reflectoare și directoare transformă dipolul omnidirecțional de mai sus într-o antenă directivă. Diagramele polare ale distribuției semnalului captat de diferite antene tipice se dau în fig. 17 *b*.

De ce se utilizează cablul coaxial pentru conectarea antenei la receptorul de televiziune?

Pentru a transfera maximum de putere către (în cazul emisiei) sau de la (în cazul recepției) o antenă, impedanța fiderului trebuie să fie egală cu aceea a antenei și a circuitului acordat la care se conectează fiderul. Impedanța caracteristică a cablului coaxial este aproximativ egală cu a unei antene dipol.

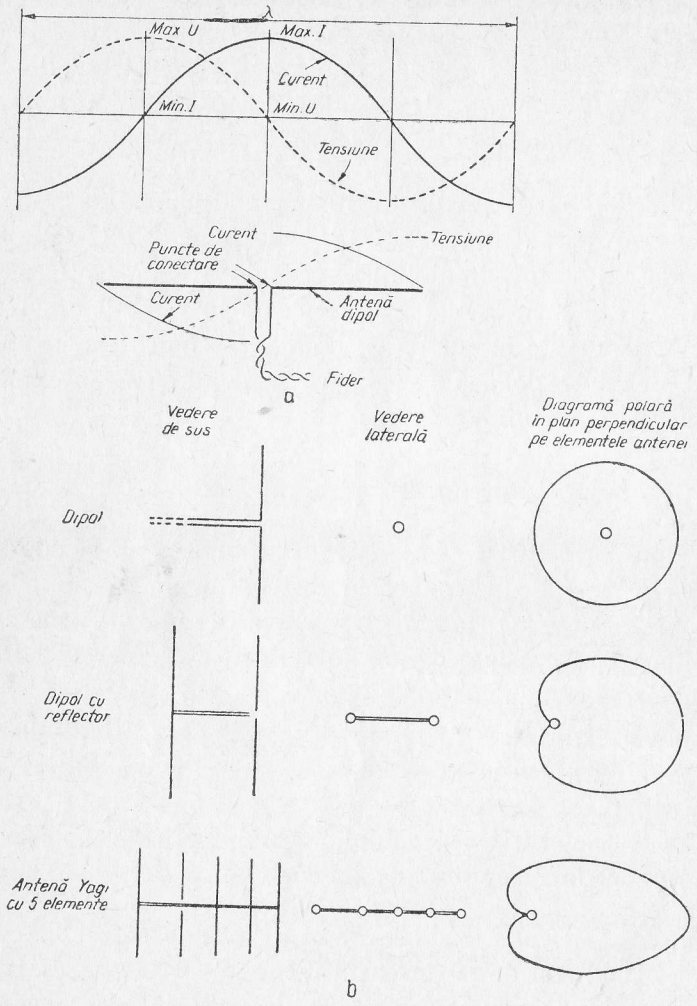


Fig. 17.

a — Distribuția tensiunii și curentului într-o antenă, cu indicarea poziției nodurilor și ventrelor în raport cu lungimea de undă; *b* — Diagramele polare ale celor mai răspîndite tipuri de antene acordate.

De ce se utilizează cîteodată un fider bifilar?

Adăugarea unor elemente pasive la un dipol modifică impedanța antenei; anumite tipuri de antene, cum ar fi dipolul repliat (o antenă în jumătate de lungime de undă prevăzută cu un al doilea element similar celui conectat la fider, amplasat la o mică distanță de acesta și conectat la dipolul de bază la capete, adică în punctele unde curentul este nul), au o impedanță caracteristică de 300 ohmi. Pentru adaptare se utilizează atunci un fider bifilar (cu două fire paralele) care are o impedanță de acest ordin de mărime. Dacă se adaugă elemente pasive, și impedanța dipolului repliat se modifică.

3 Tuburi electronice și tranzistoare

r.tv. r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Tuburi electronice

Ce este un tub electronic?

Strict vorbind, un tub electronic este un dispozitiv unilateral, întrucîtva asemănător unei supape mecanice obișnuite. Conform acestei descrieri, tipică este diodă termoionică, cel mai simplu tip de tub electronic. Principiul de bază constă în închiderea a doi electrozi — anodul (electrodul pozitiv) și catodul (electrodul negativ), într-o incintă din care s-a evacuat aerul, catodul fiind acoperit cu o substanță chimică care emite electroni liberi atunci cînd este încălzit cu ajutorul unui filament. Acești electroni sînt atrași către anod cînd acesta are un potențial pozitiv față de catod, astfel încît curentul circulă numai într-o singură direcție, de la catod la anod (sensul deplasării electronilor).

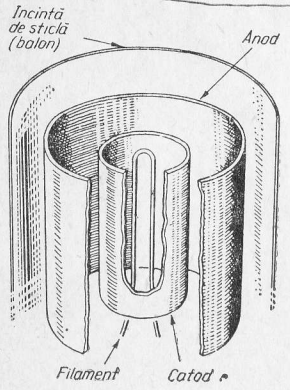


Fig. 18. Tubul diodă (tipul de bază) constă dintr-un filament, un catod ce emite electroni și un anod introduse într-o incintă de sticlă vidată (balon).

Tuburile încălzite direct utilizează un simplu element care joacă atît rolul filamentului cît și al catodului. Tuburile încălzite indirect au un catod separat montat în jurul filamentului și izolat de acesta (fig. 18).

Cum se încălzește catodul?

Curentul electric pentru încălzirea filamentului poate fi alternativ sau continuu, iar tensiunea de încălzire este de obicei de valoare redusă. Tensiunile tipice pentru tuburile electronice de radio sînt: 6,3 V pentru cele încălzite indirect, utilizate în echipamentele alimentate de la rețea și 1,4 V pentru cele încălzite direct care se utilizau în echipamentele alimentate de la baterii. Uneori filamentele tuburilor se conectează în serie pentru a se elimina necesitatea transformatorului de rețea coborîtor necesar obținerii tensiunii de încălzire; pentru a reduce tensiunea rețelei pînă la o valoare convenabilă alimentării tuburilor, se utilizează o rezistență de balast conectată în serie. Tuburile proiectate pentru a fi utilizate astfel au adeseori tensiuni de filament mai mari decît 6,3 V, valori de 19, 20, 38, 40 și chiar 50 V fiind obiș-

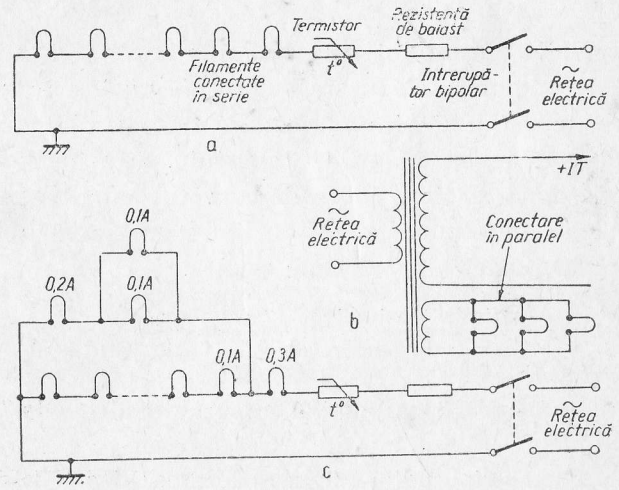


Fig. 19.:
a — Filamente conectate în serie. *b* — Filamente conectate în paralel. *c* — Conectare serie-paralel a filamentelor.

nuite. Curenții de încălzire de obicei sînt de 0,1; 0,2 sau 0,3 A. Tipurile de conectare ale filamentelor sînt date în fig. 19.

Ce este o triodă?

Adăugarea unui electrod suplimentar la o simplă diodă face posibilă amplificarea dacă se comandă astfel fasciculul de electroni ce trece de la catod la anod. Se obține astfel tubul triodă, cel de al treilea electrod adăugat numindu-se grilă de comandă. O mică tensiune pozitivă aplicată pe grila de comandă accelerează trecerea electronilor; o tensiune negativă îi frînează. Deoarece variațiile tensiunii aplicate pe grilă necesare comenzii sînt mici comparativ cu variațiile de tensiune obținute în circuitul anodic, se obține un efect de amplificare.

Cum se determină factorul de amplificare?

Circulația curentului prin tub este controlată atît de anod cît și de grilă. Reducerea tensiunii anodice provoacă scăderea curentului și un efect similar se obține dacă reducem tensiunea de grilă. Raportul „eficacităților" cu care cele două tensiuni comandă curentul anodic exprimă factorul de amplificare, notat cu litera grecească μ. Formula pentru determinarea lui μ este:

$$\mu = \frac{\text{variația tensiunii anodice}}{\text{variația tensiunii de grilă}} = \frac{\Delta u_A}{\Delta u_G}\Big|_{i_A = constant}$$

Care sînt ceilalți parametrii importanți ai triodei?

Tot așa de bine ca și factorul de amplificare este necesar să cunoaștem rezistența internă și panta tubului înainte ca să putem evalua corect performanțele tubului.

Ce este rezistența internă?

Rezistența internă a tubului reprezintă rezistența care se opune trecerii curentului prin tub atunci cînd se aplică o tensiune variabilă, alternativă. Ea este diferită de rezistența de curent continuu a tubului. Mai exact, rezistența internă reprezintă inversul raportului variației curentului anodic și al variației corespunzătoare a tensiunii anodice, tensiunea de grilă fiind menținută constantă. Pentru a determina acest parametru se variază tensiunea anodică și se măsoară variația corespunzătoare a curentului anodic, menținîndu-se tensiunea de polarizare pe grilă constantă. Rezistența internă se notează cu R_i iar formula pentru determinarea ei este:

$$R_i = \frac{\text{variația tensiunii anodice}}{\text{variația curentului anodic}} = \frac{\Delta u_A}{\Delta i_A}$$

(cu tensiunea de grilă fixă). Există mari variații în ceea ce privește valorile rezistenței interne la diverse tuburi avînd destinații sau construcții diferite. Rezistența internă a unei triode tipice poate fi cuprinsă între 2 000 și 100 000 ohmi.

Ce este panta?

Panta tubului exprimă „eficacitatea" cu care tensiunea de grilă comandă fascicolul de electroni. Ea este egală cu raportul între μ și R_i și poate fi exprimată în mA/V. Panta exprimă efectul variației tensiunii de grilă asupra curentului anodic, cu tensiunea anodică constantă. Deci:

$$S = \frac{\Delta i_A}{\Delta u_G}\Big|_{u_A = constant} = \frac{\mu}{R_i} \text{ mA/V.}$$

Ce este sarcina spațială?

Un fenomen care limitează utilizarea triodei în anumite aplicații este prezența sarcinei spațiale negative a norului de electroni care tinde să se adune în jurul catodului, limitîndu-se astfel curentul care circulă spre anod. Electronii care se află la catod au o sarcină negative. Întreaga emisiune de electroni nu este atrasă de anod și unii electroni formează o sarcină spațială. Această sarcină spațială se modifică odată cu variația tensiunilor aplicate pe grilă și anod.

Cum se obține amplificarea?

Fig. 20 reprezintă o schemă de etaj amplificator simplu prevăzut cu triodă, în care R_s reprezintă rezistența de „sarcină" la bornele căreia apare tensiunea de ieșire. Tensiunea de intrare se aplică la bornele rezistenței R_G, iar polarizarea grilei (negativarea) se obține la bornele rezistenței de catod R_C (curentul care trece prin tub provoacă o mică cădere de tensiune la bornele lui R_C: această tensiune denumită de „negativare" a grilei face ca potențialul catodului față de grilă să fie pozitiv). Așa cum am explicat mai înainte, mici variații ale tensiunii de intrare produc variații mari ale curentului anodic și deci variații mari ale căderii de tensiune la bornele lui R_s. Tensiunea de negativare fixă face ca grila să fie negativă în raport cu catodul; ea este astfel aleasă încît variațiile tensiunii de intrare (fig. 20 *b*) să fie menținute pe porțiunea rectilinie, liniară a curbei curentului anodic funcție de tensiunea de grilă (i_A funcție de u_G). Tensiunea de ieșire va fi atunci „replica" fidelă, dar amplificată a tensiunii de intrare. Amplificarea obținută depinde de caracteristica tubului și de rezistența de sarcină. Raportul între tensiunea de ieșire și cea de intrare este cunoscut sub numele de amplificarea etajului. Să observăm că electronii care se strîng pe grilă se vor reîntoarce la masă prin R_G numită uneori și rezistența de scurgere a grilei.

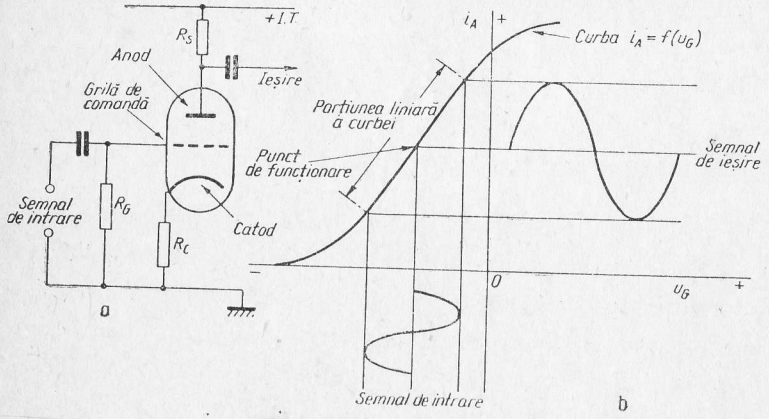


Fig. 20. Tubul triodă:
a — Circuitul de amplificare fundamental *b* — caracteristica $i_A = f(u_G)$

Ce este un tub tetrodă?

Așa după cum indică numele, tetroda are patru electrozi (observăm că filamentul la tuburile electronice cu încălzire indirectă nu este considerat ca fiind un electrod distincte). În tubul tetrodă se adaugă o grilă suplimentară între grila de comandă și anod care ecranează anodul și reduce capacitatea grilă-anod a tubului, care afectează funcționarea acestuia la frecvențe mari. Pe grila ecran se aplică în mod obișnuit o tensiune pozitivă înaltă. Aceasta înseamnă că ea va atrage o parte din electroni și de asemenea accelerează fasciculul de electroni, mărind curentul anodic și deci factorul de amplificare. Grila ecran „absoarbe" un curent mic, iar variațiile tensiunii

anodice au efect mai mic asupra curentului anodic decît într-un tub triodă.

Există totuși un important dezavantaj care constă în fenomenul atragerii de către grila ecran a acelor elec-

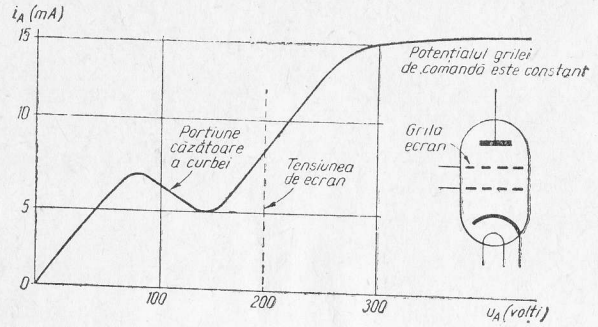


Fig. 21. Tubul tetrodă: curba tipică indică o scădere a curentului anodic cînd tensiunea aplicată se apropie de valoarea tensiunii de grilă ecran, datorită emisiunii secundare.

troni care „ricoșează" la ciocnirea cu suprafața anodului, provocîndu-se astfel o creștere a curentului grilei ecran în dauna celui anodic și prin urmare o modificare a caracteristicilor tubului.

Acest fenomen cunoscut sub numele de emisie secundară determină apariția unei porțiuni căzătoare în curba caracteristică a curentului anodic al unei tetrode așa după cum se vede în fig. 21, unde curentul anodic scade pe o anumită porțiune, deși tensiunea anodică crește; tensiunea anodică este mai mică decît tensiunea grilei ecran în această regiune.

Cum se înlătură acest efect?

Acest efect se înlătură prin adăugarea unei alte grile suplimentare între grila ecran și anod, conectată la un potențial scăzut, pentru a se preveni atragerea electro-

nilor ricoșați din anod de către grila ecran, deci reducîndu-se emisiunea secundară. Această grilă este cunoscută sub numele de grila supresoare, iar tubul cu cinci electrozi astfel realizat se numește pentodă. Aceasta este poate cel mai utilizat tub amplificator; diverse moduri de construcție a electrozilor determină obținerea unor caracteristici întrucîtva diferite ale tuburilor pentodă. În general, la o pentodă variațiile tensiunii anodice nu afectează curentul anodic. Aceasta permite obținerea unor tensiuni destul de mari la bornele sarcinii și deci o amplificare mai mare. Cea mai mare variație se întîlnește la tensiuni anodice scăzute și acest efect se utilizează în anumite circuite de televiziune.

Ce este tubul tetrodă cu fascicul dirijat?

Dacă în locul grilei supresoare se montează două plăci menținute la potențialul catodului, care să permită formarea unui fascicul de electroni, efectul nedorit al emisiunii secundare se reduce prin respingerea surplusului de electroni „ricoșați" de anod; în plus fasciculul curentului anodic se concentrează obținîndu-se un curent anodic mai mare pentru o tensiune anodică dată. Acest tip de tub numit tetrodă cu fascicul dirijat este utilizat pe scară largă în amplificatoarele audio de putere, unde sînt necesare variații mari de curent pentru acționarea difuzorului.

Ce alte tipuri de tuburi se mai utilizează în radio și televiziune?

Există multe tipuri diferite de tuburi avînd un număr variabil de electrozi; ele sînt destinate pentru anumite întrebuințări. Tuburile multigrile se utilizează pentru a „concentra" funcțiile mai multor tuburi în același balon;

o schemă tipică ce utilizează un tub multigrilă denumit heptodă se întîlnește în etajul schimbător de frecvență al unor receptoare radio (fig. 22 *a*). O altă posibilitate este închiderea a două structuri de electrozi complet separate

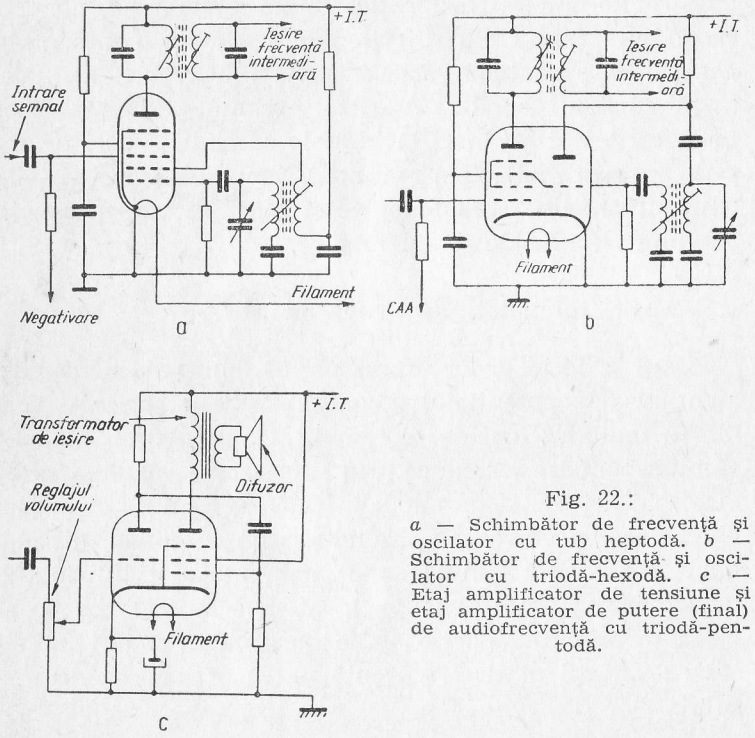


Fig. 22.:
a — Schimbător de frecvență și oscilator cu tub heptodă. *b* — Schimbător de frecvență și oscilator cu triodă-hexodă. *c* — Etaj amplificator de tensiune și etaj amplificator de putere (final) de audiofrecvență cu triodă-pentodă.

în același balon, așa cum este tubul denumit triodă-hexodă (hexoda are patru grile) din fig. 22 *b*. Fig. 22 *c* reprezintă amplificatorul de audiofrecvență al unui receptor radio (sau de televiziune) realizat cu un tub triodă-pentodă folosit atît ca amplificator de tensiune cît și ca amplificator de putere (final).

Cum se cuplează etajele amplificatoare?

Cînd există două (sau mai multe) etaje amplificatoare, cuplajul între ieșirea primului etaj și intrarea celui de al doilea trebuie să fie astfel realizat încît etajele să nu-și perturbe reciproc funcționarea. Există două metode de

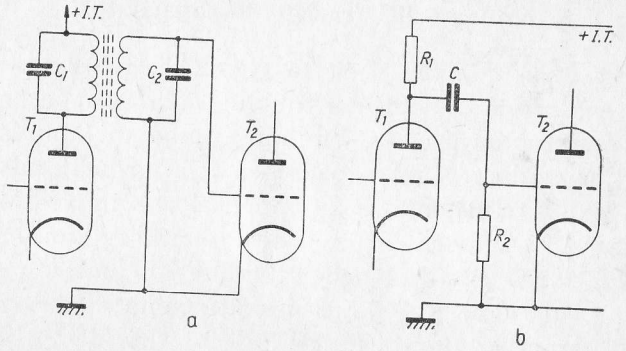


Fig. 23. Două metode de cuplaj a etajelor amplificatoare:
a — cu ajutorul circuitelor rezonante cuplate care formează un transformator; *b* — cu ajutorul unei rețele *RC* (rezistență — capacitate).

bază pentru a realiza acest deziderat: cuplajul prin transformator (fig. 23 *a*) și cuplajul rezistență-capacitate (fig. 23 *b*).

În cazul cuplajului prin transformator, transformatorul de cuplaj se alege astfel încît primarul să ofere o impedanță de sarcină anodică convenabilă tubului T_1 în condițiile în care secundarul lucrează pe impedanța de intrare a tubului T_2. Raportul între numărul de spire ale înfășurărilor primară și secundară poate fi supraunitar sau subunitar, după cum este necesar. În amplificatoarele de înaltă frecvență, care lucrează deobicei pe o anumită frecvență, transformatorul are proprietăți selective, fiind realizat din două circuite acordate cuplate între ele.

Fig. 23 reprezintă un amplificator tipic de frecvență intermediară utilizat în receptoare acordat pe frecvența de 455 KHz. Transformatorul este acordat cu ajutorul condensatoarelor C_1 și C_2, care pot lipsi în cazul amplificatoarelor neacordate (de bandă largă).

Ce este cuplajul RC (rezistență-capacitate)?

Așa după cum se vede în fig. 23 *b*, rezistența care formează sarcina anodică a tubului T_1 are la bornele ei un semnal alternativ. Conexiunea anodului tubului T_1 cu R_1 se cuplează prin capacitatea C la grila tubului T_2, unde există rezistența R_2. Condensatorul împiedică pătrunderea componentei de curent continuu din anodul tubului T_1 în circuitul grilei tubului T_2, unde ar putea afecta polarizarea grilei, dar permite componentei de curent alternativ amplificate de primul tub să acționeze asupra celui de al doilea etaj. Valoarea condensatorului C se alege astfel încît să aibă o reactanță cît mai mică în comparație cu rezistența de grilă. Totuși, un condensator prea mare avînd o rezistență de izolație mai mică ar putea pricinui apariția unei tensiuni pozitive pe grilă. De aceea se face un compromis, care depinde de valorile rezistențelor R_1 și R_2 și de frecvențele la care se lucrează.

Ce este un amplificator clasa A?

Clasa unui etaj amplificator este determinată de punctul de funcționare al tubului electronic (fig. 24). Cînd tubul este astfel polarizat pe grilă, încît să lucreze în centrul porțiunii liniare a curbei caracteristice, se spune că etajul funcționează în clasa A. În aceste condiții curentul anodic circulă pe toată durata perioadei tensiunii alternative aplicată pe grilă și nu se anulează niciodată.

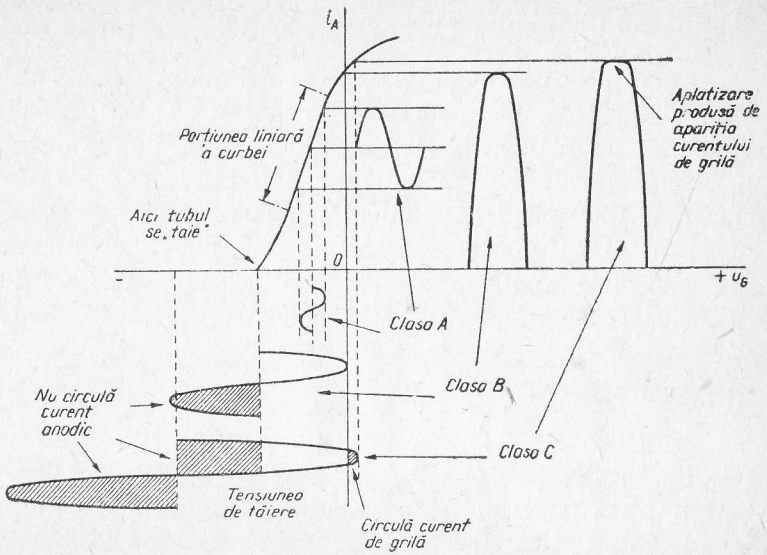


Fig. 24. Funcționarea unui amplificator în clasă A, B și C, indicîndu-se cum depinde semnalul de ieșire de punctul de funcționare ales.

Ce este un amplificator clasă B?

Deplasînd punctul de funcționare prin modificarea polarizării grilei astfel încît curentul anodic să circule doar pe durata unei semiperioade, adică negativînd tubul astfel încît să lucreze „dincolo" de punctul de tăiere al curentului anodic, se poate aplica un semnal de intrare mai mare. Tensiunea de semnal se însumează celei de negativare și face ca tensiunea de grilă să fie mai mică decît tensiunea de tăiere aproximativ pe durata unei semiperioade. Curentul anodic circulă numai pe durata semiperioadei pozitive și este zero în absența semnalului. Variația totală a curentului anodic este mai mare și mai întotdeauna amplificatoarele clasă B se utilizează ca amplificatoare de putere.

Ce este un amplificator clasă C?

Un amplificator negativat cu o tensiune mai mare decît tensiunea de tăiere lucrează în clasă C. Curentul circulă mai puțin decît o semiperioadă; „excursia" punctului de funcționare este mai mare. Vîrful impulsului de curent anodic poate fi aplatisat sau poate prezenta chiar o „șa" datorită apariției curentului de grilă la vîrful semiperioadelor pozitive, ceea ce duce la o repartiție a fluxului de electroni plecat de la catod între grilă și anod.

Ce alte clase există?

Poziția intermediară a punctului de funcționare determină clasele AB_1 și AB_2. În clasa AB negativarea este astfel aleasă încît tăierea să apară pe o durată mai mică de o semiperioadă. În clasa AB_1 nu se intră în regiunea cu tensiuni de grilă pozitive și prin urmare nu apar curenți de grilă, iar în clasa AB_2 se intră și în regiunea tensiunilor de grilă pozitive, apărînd și curenți de grilă.

Ce este un amplificator de putere?

Așa cum am văzut mai înainte, se poate considera că un difuzor este acționat de variații de curent mai degrabă decît de variații de tensiune. Pentru a excita difuzorul este necesar un amplificator care să debiteze puterea necesară; acest amplificator poate lucra în clasă A, B sau AB și utilizează un tub electronic special construit pentru a debita putere. Tetroda poate fi necorespunzătoare pentru funcționarea ca amplificator la frecvențe foarte înalte; ea este totuși foarte convenabilă să fie utilizată ca amplificatoare de putere; tetrodele prevăzute cu electrozi suplimentari pentru a concentra fluxul de electroni, cunoscute sub numele de tetrode cu fascicul dirijat sînt folosite adesea ca tuburi finale în amplificatoarele de audiofrecvență.

Tubul final trebuie să fie adaptat să debiteze putere pe o impedanță joasă și de aceea impedanța de sarcină anodică la un tub final este de regulă mai mică decît aceea a unui tub amplificator de tensiune, prin construcție.

Cum se face adaptarea impedanțelor?

Cu toate că impedanța de sarcină anodică este relativ scăzută, ea rămîne încă mult mai mare decît valorile obișnuite ale impedanței difuzorului. Adaptarea impedanțelor este necesară pentru a transfera în sarcină (bobina difuzorului) o putere maximă cu distorsiuni mici sau acceptabile. Așa după cum se arată în fig. 22 *c*, deobicei se utilizează un tranformator pentru a efectua adaptarea tubului final cu difuzorul. Înfășurarea primară a transformatorului de ieșire formează impedanța anodică de sarcină și raportul numerelor de spire ale înfășurărilor primare, respectiv secundare este calculat pentru a realiza adaptarea cu impedanța difuzorului.

Cum se calculează raportul de transformare?

Pentru aceasta trebuie să cunoaștem impedanța de sarcină anodică optimă a tubului (din catalog) și să facem ca impedanța Z_p a primarului transformatorului să fie aproximativ egală cu aceasta. Impedanța secundarului Z_s va fi egală cu impedanța bobinei mobile a difuzorului (sau cu impedanța altei sarcini cu care tubul trebuie să fie adaptat). Raportul de transformare este egal cu rădăcina pătrată a raportului celor două impedanțe, deci $N=\sqrt{Z_p/Z_s}$.

Exemplu. Dacă un tub are impedanța anodică de sarcină de 6 000 Ω și trebuie să fie adaptat la un difuzor cu rezistența bobinei mobile de 15 Ω, raportul de transformare va fi $\sqrt{6\,000/15} = 20$. Dacă se utilizează un transformator cu prize (în secundar) care poate realiza un raport de transformare variabil, adaptarea se poate regla experimental pentru a realiza transferul maxim de putere.

Ce este un amplificator în contratimp?

Așa după cum se vede în fig. 25, *a*, circuitul utilizează un transformator de ieșire cu priză mediană în înfășurarea

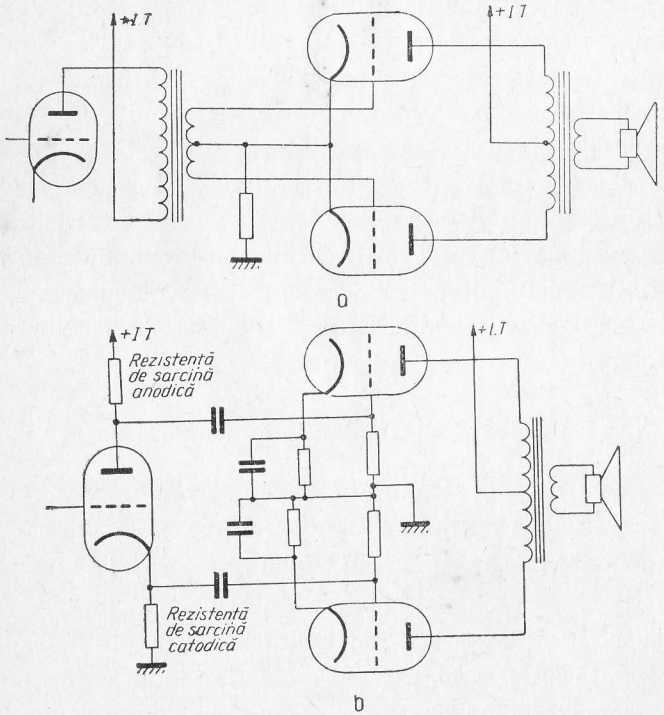


Fig. 25. Etaje finale în contratimp simple:
a — cu intrare pe transformator; *b* — cu etaj inversor de fază la intrare.

primară, iar cele două semnale ce atacă grilele fiecărui tub sînt în opoziție de fază. Această situație poate fi obținută cu ajutorul unui alt transformator cu priză mediană în secundar, așa cum este indicat în figură. Priza ce conectează fie la masă, fie la sursa de negativare.

Priza mediană a primarului transformatorului de ieșire este conectată la sursa de înaltă tensiune și prin urmare componentele continue care circulă prin tuburi în lipsa semnalului fiind egale, vor produce fluxuri magnetice egale și de semne contrare în fiecare jumătate a primarului transformator de ieșire. Cînd se aplică grilelor semnale în antifază, una din grile își mărește potențialul cu aceeași tensiune cu care cealaltă și-l micșorează; diferența corespunzătoare între curenții anodici care nu mai sînt egali ai celor două tuburi va reprezenta componența alternativă de semnal de la ieșire.

Care sînt avantajele montajului în contratimp?

Pentru a obține o putere de ieșire mare trebuie să se aplice un semnal de intrare mare. Cînd un tub conduce doar o semiperioadă lucrînd cu tăierea curentului anodic, iar celălalt conduce în următoarea semiperioadă, miezul transformatorului nu se saturează deoarece cele două componente de curent anodic continuu, produc fluxuri magnetice care se anihilează reciproc.

Semnalul de ieșire rămîne practic nedistorsionat, deoarece tuburile lucrînd pe rînd „refac" sinusoida. Funcționarea în clasă AB și B este curent întîlnită în montajele în contratimp de amplificatoare de audiofrecvență de putere.

Există posibilitatea înlocuirii transformatorului de intrare?

Transformatoarele de audiofrecvență sînt scumpe și pot introduce și distorsiuni ale semnalului. O altă metodă de a obține semnale în antifază este de a utiliza un tub într-un montaj dat în fig. 25 *b*. Tuburile electronice au un defazaj de 180° între semnalul din grilă și cel din anod, dar nu au defazaj între semnalele din grilă și din catod. Dacă jumătate din rezistența de sarcină este conectată în circuitul anodic și jumătate în circuitul de catod, atunci în anod și respectiv în catod se vor obține două semnale de ieșire în opoziție de fază, care pot fi utilizate pentru a ataca un etaj în contratimp. Rezistențele de sarcină din anod și catod se iau egale pentru a obține semnale în antifază de amplitudini egale; deoarece o amplificare supraunitară nu este posibil de obținut în circuitul catodic, amplificarea unui asemenea etaj este de regulă mai mică decît unitatea. Există și alte scheme cu tuburi care obțin semnale defazate cu 180°; unele dintre ele, mai perfecționate, utilizînd două tuburi permit obținerea unei amplificări în tensiune mai mare decît unitatea.

Semiconductoare

Ce este un semiconductor?

Așa cum am arătat în cap. 1, unele materiale conduc curentul electric mai bine decît altele. Materialele care îndeplinesc în parte atît rolul de conductor cît și de izolator sînt cunoscute sub numele de materiale semiconductoare. Aceste materiale au unele aplicații speciale fiind utilizate în redresoare.

Cum redresează un semiconductor?

Procesul de redresare este realizat de un dispozitiv redresor care permite trecerea curentului alternativ doar într-un singur sens și împiedică trecerea curentului în sensul opus; de altfel așa se comportă tubul diodă. Aplicînd la intrare un semnal care își schimbă sensul variind periodic, se obține la ieșire un semnal „unidirecțional", dar care fluctuează ca amplitudine (pulsează). Urmează circuite utilizate pentru netezirea pulsațiilor, folosite atunci cînd dispozitivul redresor este destinat alimentării cu curent continuu a unui consumator oarecare.

Dispozitivele semiconductoare sînt utilizate în mod obișnuit pentru a „redresa" semnale modulate, adică în calitate de detectoare în radioreceptoare și în receptoarele de televiziune, permițînd obținerea la ieșire a unei tensiuni „continue" care variază în timp proporțional cu semnalul modulator. Acest tip de dispozitiv de detecție, format dintr-un cristal de germaniu prevăzut cu un contact realizat cu un fir subțire de metal, este cunoscut sub numele de diodă cu contact punctiform.

Cum se formează semiconductorul?

Teoretic, cristalul de germaniu pur nu are electroni liberi și prin urmare se comportă ca un material izolant. Dar în practică există și oarecari impurități. În timpul fabricării unui dispozitiv semiconductor se adaugă germaniului purificat sau siliciului o cantitate redusă strict controlată de „impurități". Aceasta perturbă echilibrul materialului pur, care are un aranjament simetric al electronilor, așa cum este arătat în fig. 26 *a*. Atomii de siliciu și germaniu au cîte patru electroni pe învelișul exterior, care sînt figurați ca particule negative amplasate în jurul nucleului. Impuritățile adăugate introduc fie un surplus, fie

o lipsă de electroni în structura cristalului, obținîndu-se semiconductori de tip *n* sau *p*, așa cum se arată în fig. 26. *b* și *c*.

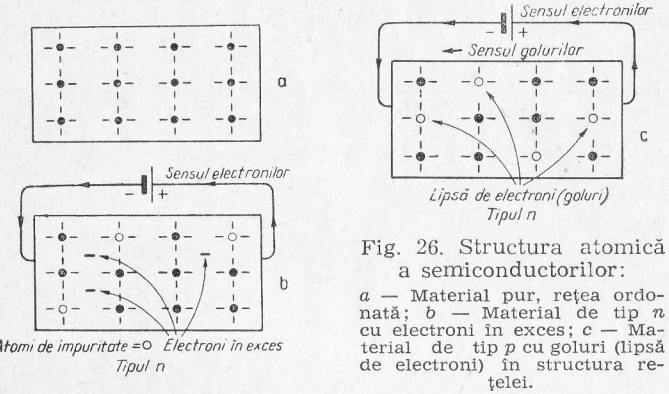


Fig. 26. Structura atomică a semiconductorilor:
a — Material pur, rețea ordonată; *b* — Material de tip *n* cu electroni în exces; *c* — Material de tip *p* cu goluri (lipsă de electroni) în structura rețelei.

Ce materiale se utilizează?

Antimoniul, arsenicul și fosforul au structuri atomice cu cinci electroni pe învelișul exterior, deci furnizează un „exces" de electroni. Cînd se conectează o sursă de tensiune continuă la capetele unei bucăți de material semiconductor, aceasta „eliberează" electroni și determină o circulație a curentului. Această circulație este datorată excesului de particule negative din semiconductorul denumit de tip n.

Aluminiul, borul sau indiul sînt impurități avînd doar trei electroni pe învelișul exterior. Cînd unul din aceste elemente se adaugă germaniului sau siliciului pur, structura cristalină va avea un număr de „goluri", așa după cum se arată în fig. 26 *c*.

Dacă se conectează o tensiune continuă la acest tip de semiconductor denumit de tip, *p*, electronii proveniți de la borna negativă a sursei „umplu" golurile provocînd ca

rezultat o mișcare a „golurilor" către borna negativă a sursei, adică în direcție opusă circulației electronilor. Golurile pot fi considerate ca niște sarcini pozitive foarte mici.

Ce este o diodă joncțiune?

Dacă o bară de germaniu, de pildă, este formată jumătate dintr-un cristal de tip *n* și cealaltă jumătate dintr-un cristal de tip *p* fie prin procedeul „creșterii" germaniului cu adăugarea controlată de impurități, fie prin procedeul difuziei unui material în celălalt, se obține o joncțiune pn uniformă. Să observăm că joncțiunea este formată în interiorul unui cristal continuu de material semiconductor și nu prin alipirea a două bucăți de materiale semiconductoare de tip *n* și *p*.

Cum funcționează o joncțiune pn?

Funcționarea unei joncțiuni pn este întrucîtva asemănătoare funcționării unui tub diodă. Dacă se conectează o sursă de tensiune continuă la capetele unei joncțiuni pn (fig. 27 *a*) cu polul negativ la materialul de tip *n* (joncțiunea este polarizată direct), trecerea curentului este întreținută de mișcarea electronilor în secțiunea de tip n și de mișcarea golurilor în secțiunea de tip *p*.

Dacă joncțiunea este polarizată invers, adică polul pozitiv al sursei este conectat la materialul de tip *n* (fig. 27 *b*), golurile sînt atrase spre polul negativ în secțiunea de tip *p*, în timp ce în secțiunea de tip n electronii sînt atrași către polul pozitiv. Teoretic nu are loc o circulație a curentului.

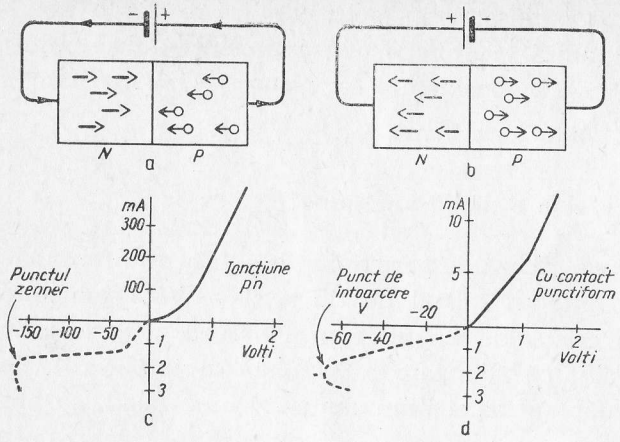


Fig. 27.:
a — Mișcarea electronilor și a golurilor într-o joncțiune *p-n* polarizată direct. *b* — Mișcarea electronilor și golurilor într-o joncțiune *p-n* polarizată invers; polarizarea aplicată împiedică practic în acest caz circulația curentului prin joncțiune. *c* — Caracteristica tipică a unei diode joncțiune. *d* — Caracteristica tipică a unei diode semiconductoare cu contact punctiform.

În practică, există totuși o circulație de curent?

Cînd joncțiunea pn este polarizată invers circulă totuși un curent foarte mic, deoarece în realitate un material de tip *n* conține și un mic număr de goluri, iar un material de tip *p* și un mic număr de electroni liberi care constituie purtători minoritari. Numărul acestor purtători crește odată cu agitația termică. Mărind temperatura curentul datorat acestor purtător minoritari crește. Caracteristica unei diode tipice cu joncțiune este dată în fig. 27 *c*. Cînd joncțiunea este polarizată invers, sînt necesare creșteri mai mari ale tensiunii pentru a obține variații mici de curent.

Ce este efectul Zener?

Dacă se mărește și mai mult tensiunea negativă aplicată unei diode polarizate invers, starea aparentă de saturație corespunzătoare porțiunii plate a curbei se schimbă în cele din urmă. Va apare brusc un curent invers mare care este efectiv capabil să distrugă semiconductorul. Unele diode speciale, denumite diode Zener sînt special construite pentru a funcționa în regiunea efectului Zener: ele se utilizează în principal în scopul stabilizării tensiunii.

Cum lucrează o diodă Zener?

Variante speciale de diode cu siliciu avînd o cădere bruscă a caracteristicii în domeniul tensiunilor inverse (5 . . . 20 V) se întrebuințează adeseori în stabilizatoarele de tensiune, așa după cum este ilustrat și descris pe scurt în cap. 4.

Deși caracteristica directă a acestor diode este similară aceleia a unei diode redresoare normale, în regiunea inversă curentul este foarte mic, crescînd însă rapid atunci cînd se atinge „punctul Zener". Dispozitivul este utilizat ca limitator de tensiune determinînd creșteri mari ale curentului pentru mici creșteri ale tensiunii aplicate. Polarizînd dioda Zener în regiunea de „cădere", se obține o sursă de tensiune de referință stabilă.

Ce alte dispozitive semiconductoare sînt utilizate în acest mod?

Tiristorul este un dispozitiv special de redresare cu două stări de funcționare, care se utilizează pentru comanda tensiunii de ieșire a unui circuit de redresare. Acesta este descris mai departe și are unele aplicații spe-

ciale în circuitele de baleiaj de televiziune. El poate fi declanșat astfel încît să permită trecerea curentului în sens direct, fiind blocat în sens invers, cu toate că în mod normal blochează trecerea curentului în ambele sensuri. În stare declanșată, tiristorul are caracteristici similare unei diode redresoare cu siliciu, dar spre deosebire de aceasta, tiristorul are un al treilea electrod. Aplicînd un mic impuls de curent la această „poartă" se declanșează trecerea tiristorului în starea de conducție. Odată ce dispozitivul conduce, el va rămîne în această stare, pînă cînd curentul de sarcină va scădea la o valoare foarte mică, cînd automat revine în starea de blocare. Modificînd momentul aplicării impulsului de declanșare se poate varia „proportia" duratei de timp cînd are loc conducția. În acest mod poate fi comandat curentul direct redresat.

Este similară caracteristica diodei cu contact punctiform cu a unei diode joncțiune?

Există o diferență distinctă între caracteristica tensiune-curent a unei diode cu contact punctiform, față de aceea a unei diode joncțiune. Așa după cum ne putem aștepta, dată fiind suprafața relativ mică de contact, curentul direct este mic. Dar cînd se aplică tensiunea inversă, curentul invers este mai mare decît la dioda joncțiune pînă cînd nu se atinge un punct anume, cînd aplicarea unei tensiuni negative provoacă o creștere rapidă a curentului invers; acest efect continuă chiar dacă tensiunea se reduce. Curba are o întoarcere evidentă la capătul ei din domeniul tensiunilor negative și efectul este cunoscut sub numele de „efect de întoarcere". Atunci se produce distrugerea cristalului.

Tranzistoare

Ce este un tranzistor?

Un tranzistor este format din mai multe materiale semiconductoare permițînd comanda curentului ce le străbate într-un mod asemănător unui tub electronic, în care se comandă de asemenea circulația curentului prin varierea tensiunilor aplicate pe electrozii săi.

Totuși principiul de funcționare este total diferit.

Ce tipuri de tranzistoare se folosesc?

Așa după cum am văzut există două tipuri principale constructive de diode semiconductoare: cu contact punctiform și cu joncțiune.

În mod corespunzător, există tranzistoare cu contacte punctiforme și cu joncțiuni. Cel mai vechi tip a fost cel cu contacte punctiforme, dar acesta este acum învechit. Pentru a arăta care este principiul de funcționare al tranzistorului, ne servim de fig. 28 în care sînt desenate alăturat și simbolurile electrice de circuit corespunzătoare. Se poate vedea că în cazul tranzistorului cu contacte

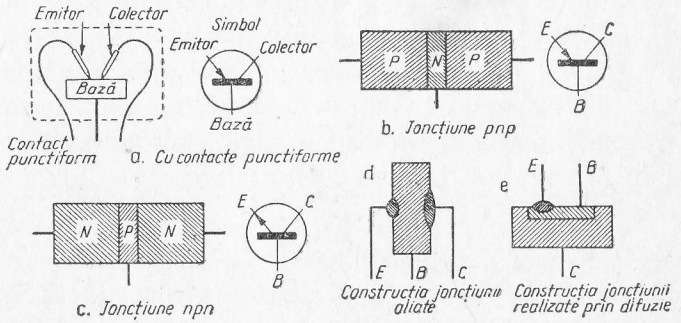


Fig. 28. Tipurile fundamentale de tranzistoare cu simbolurile respective.

punctiforme (a) principiul constă pur și simplu în adăugarea unui al doilea fir metalic subțire în contact cu placheta de bază de germaniu, punctele de contact fiind separate între ele doar prin cîțiva zeci de microni. În general baza era confecționată din material de tip *n*, colectorul și emitorul fiind contactele de tip *p*.

Cum lucrează acest dispozitiv?

Cînd se aplică tensiuni corespunzătoare, emitorul provoacă apariția purtătorilor de sarcină (goluri sau electroni după cum emitorul este de tip *p* sau *n* la punctul de contact. Colectorul „adună" purtătorii de sarcină. Creșterea curentului ce circulă între bază și emitor provoacă o și mai mare creștere a curentului de colector, apărînd un efect de amplificare.

În practică, tranzistorul cu contacte punctiforme este dificil de controlat și în prezent el nu se mai folosește.

Ce tipuri de tranzistoare cu joncțiuni se utilizează?

Există multe variante ale tipului de bază cu „trei părți" larg utilizat, precum și alte dispozitive mai sofisticate care au fost dezvoltate din tipul de bază, dar cele care ne interesează în cele mai multe montaje de radio și televiziune sînt tranzistoarele cu joncțiuni de tip *npn* și *pnp*. Așa după cum indică denumirea, ele sînt formate prin dispunerea unui tip de material semiconductor între alte două materiale, centrul acestui „sandvici" fiind denumit bază.

Cum sînt construite tranzistoarele cu joncțiuni?

În fig. 28 se dau desene simple constructive pentru cîteva tipuri curent întîlnite, împreună cu simbolurile electrice care le reprezintă.

Ce materiale se utilizează?

Practic toate tranzistoarele sînt confecționate din germaniu sau siliciu. Germaniul se găsește în natură în proporții foarte mici, ca impuritate, în minereurile de zinc și cupru și poate fi extras și din praful coșurilor centralelor electrice care ard cărbune. El se poate purifica printr-un procedeu cunoscut sub denumirea de „purificare zonară". Impuritățile pot fi reduse la o proporție de $1 : 10^{10}$. Pentru a realiza joncțiuni *pn*, materialul este transformat într-un monocristal cu un mic adaus de material donor sau acceptor în proporție de aproximativ $1 : 10^6$.

Siliciul este poate cel mai răspîndit dintre toate elementele găsindu-se într-un număr mare de compuși. Nisipul, de pildă, este format în principal din bioxid de siliciu. Pentru că cea mai nedorită impuritate care însoțește siliciul este borul (acceptor), care nu poate fi eliminat prin simplă rafinare, procesul de purificare este mai riguros decît la germaniu. Siliciul are de asemenea un punct de topire mai înalt decît germaniul. În plus, pentru a depăși bariera de potențial, unei joncțiuni cu siliciu trebuie să i se aplice o tensiune directă mai mare. În ciuda acestor dezavantaje, dispozitivele cu siliciu au destule calități ca să fie preferate în locul vechilor dispozitive cu germaniu în multe aplicații.

Care sînt avantajele tranzistoarelor cu siliciu?

La temperaturile normale de lucru, curenții reziduali sînt considerabil mai mici decît la dispozitivele cu germaniu. Din cauza avantajului unui curent rezidual de colector foarte mic, tranzistoarele cu siliciu pot funcționa cu colectorul la temperaturi mult mai mari. Pentru că se poate accepta o creștere mai mare a temperaturii interne, se poate admite și o disipație de putere mai mare.

Tranzistoare similare cu siliciu pot lucra cu puteri de două sau trei ori mai mari decît corespondentele lor cu germaniu.

Din cauza unor particularităţi ale tehnologiei de fabricaţie, tranzistoarele de tip *npn* cu siliciu sînt mai ieftine decît tranzistoarele *pnp* cu siliciu.

Ce procedee se utilizează pentru a obţine joncţiuni pn?

Există trei procedee de bază: alierea, difuzia şi metodele epitaxiale.

Ce este alierea?

Alierea este o metodă de a topi materialul acceptor pe o plăcuţă ce constituie baza. Dacă aceasta este din germaniu de tip *n*, atunci doparea are loc după ce materialul acceptor s-a topit şi a fost lăsat să se răcească, germaniul recristalizînd. Dacă materialul plachetei de bază este siliciul, procesul este similar, dar adesea este necesară o construcţie diferită din cauza fragilităţii plachetei de siliciu şi a coeficienţilor de dilataţie diferiţi. De obicei tranzistorul aliat este un dispozitiv cu preţ de cost scăzut.

Ce se înţelege prin difuzie?

Atomii acceptori (sau donori) pot fi introduşi în masa semiconductorului solid fără a fi necesară starea lichidă, dificil de controlat în procedeul alierii, dacă masa de semiconductor de tip *n* este încălzită în jurul punctului de topire într-o atmosferă gazoasă ce conţine acceptorul. Aceasta face să apară o joncţiune *pn* la mică distanţă de suprafaţa plachetei de semiconductor. Se poate obţine o structură de tip *npn* atunci cînd se difuzează o substanţă

donoare care produce altă joncţiune în apropierea marginii materialului.

Pentru plachete de siliciu, borul este un acceptor eficace, iar fosforul un donor. Germaniul foloseşte galiul ca acceptor şi antimonil ca donor.

Procesul de difuzie a oricăror elemente poate fi stopat utilizînd oxidul de siliciu şi acest fenomen, al oxidării, se utilizează în procedeele planare. În general se întrebuinţează procedeul măştii fotografice, obţinîndu-se succesiv regiuni de tip *p* şi *n* prin difuzie conform tehnologiei adoptate. Există cîteva metode profesionale, unele păstrate strict secret. Noi trebuie să ştim doar faptul că tranzistoarele denumite „mesa" şi cele „planare" se produc prin metoda fotorezistului, a expunerii (la lumină ultravioletă) şi prin metoda difuziei succesive regionale.

Există oarecare avantaje ale tehnologiei planare?

Avantajul constă în protejarea joncţiunii bază-colector la suprafaţă de către stratul de oxid, rezultînd un curent rezidual foarte mic. În plus, metoda permite obţinerea unui strat subţire al bazei şi de aici posibilitatea de a funcţiona la frecvenţe mai înalte. Se poate lucra pînă la cîteva mii de megahertz. În plus, precizia mecanică a metodei permite schimbarea uşoară a producţiei de tranzistoare, modificînd dimensiunile, forma şi suprafaţa; rezultă posibilitatea unei producţii de masă, a verificării şi a măsurării în masă şi de aici preţuri de cost mai mici.

Care sînt dezavantajele tehnologiei planare?

Între joncţiunea colectorului şi contactul de colector la partea inferioară a plachetei de material există o rezistenţă serie importantă. Deşi este mică, această rezistenţă

poate fi supărătoare. Căderea de tensiune internă determină o valoare mare a tensiunii de saturație.

Există o soluție pentru evitarea acestui neajuns?

Într-adevăr, întrebuințînd o „felie" compusă dintr-un substrat avînd o rezistență foarte mică, pe care a fost format un strat epitaxial subțire, se poate obține o oarecare îmbunătățire.

Acesta este deci tranzistorul epitaxial planar?

Da. Tehnologia epitaxială constă în creșterea unui strat epitaxial (pe aceeași axă) de semiconductor pe un strat subțire de cristal. Se poate începe cu un substrat de tip *p* și crește în continuare un strat epitaxial de tip *n* sau poate fi crescut un strat de mare rezistivitate de tip *n* pe un substrat de mică rezistivitate de tip *n* pentru anumite aplicații speciale. Există încă multe alte variante.

Aceste tipuri diferite de tranzistoare lucrează în același fel?

Funcționarea de bază a tranzistorului poate fi mai bine înțeleasă dacă ne referim la un tip particular, cu toate că principiul fundamental rămîne același pentru toate tranzistoarele cu joncțiune.

Cum funcționează tranzistorul npn?

Tranzistorul *npn* este o ilustrare ușor de înțeles a teoriei tranzistorului, deoarece funcționarea lui este apropiată de aceea a unui tub triodă convențional. Baza poate fi considerată ca jucînd rolul grilei, emitorul este echivalent cu catodul, iar colectorul cu anodul. În tranzistor nu

va avea loc nici o circulație a curentului, oricare ar fi polaritatea conexiunii colector emitor, pînă cînd baza nu va fi de asemenea conectată în circuit, deoarece un asemenea dispozitiv ar consta pur și simplu din două diode,

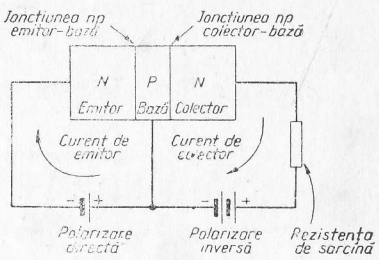


Fig. 29. Obținerea circulației curentului printr-un tranzistor *npn*. Joncțiunea emitor-bază este polarizată direct, astfel încît electronii sînt injectați în regiunea bazei. Prin polarizarea inversă a joncțiunii bază-colector astfel încît colectorul să fie pozitiv față de bază, cei mai mulți din acești electroni vor trece prin joncțiunea colector-bază și vor circula prin regiunea colectorului către rezistența de sarcină.

bază-emitor și bază-colector, conectate în serie, dar cu polaritățile opuse. Dar cînd baza (fig. 29) este polarizată pozitiv față de emitor (pentru tranzistorul *npn*) va apare un curent de emitor. Dacă colectorul este polarizat pozitiv (față de bază) o parte din acest curent se ramifică în circuitul colector-emitor. Deci se produce o „amplificare" de curent notată cu α (mai mică decît unitatea). Definiția exactă este: α reprezintă raportul între variația curentului de ieșire (colector) și variația curentului de intrare (emitor) cînd tensiunea de colector rămîne constantă.

Cum se utilizează tranzistorul pentru a amplifica un semnal?

Esențială este diferența între rezistențele de intrare și de ieșire ale tranzistorului. Joncțiunea bazei emitor este polarizată direct, corespunzîndu-i o rezistență echivalentă mică, dar joncțiunea bază-colector este polarizată invers, corespunzîndu-i o rezistență mare. Puterea într-un circuit

este dată de pătratul curentului înmulţit cu rezistenţa, astfel încît chiar dacă curenţii din circuitele de intrare şi ieşire sînt doar cu puţin diferiţi între ei (şi într-adevăr amplificarea în curent a configuraţiei din fig. 29 este întotdeauna ceva mai mică decît unitatea) va rezulta totuşi o anumită amplificare în putere, uneori considerabilă.

Există o formulă care se poate utiliza?

Amplificarea în tensiune a oricărui amplificator este definită ca raportul între tensiunea de ieşire şi cea de intrare exprimate şi volţi, adică $(IR)_{ieş.}/(IR)_{intr.}$. Deoarece $I_{ieş.}/I_{intr.}$ este factorul de amplificare în curent α, amplificarea în tensiune va fi deci $\alpha \times \frac{R_{ieş.}}{R_{intr.}}$. Amplificarea tranzistorului apare pentru că un curent (cel de emitor) a fost transferat cu foarte mici pierderi dintr-un circuit cu o rezistenţă mică într-un circuit cu o rezistenţă mare. De aici derivă şi numele de tranzistor din „*trans*fer re*sistor*".

Ce este amplificarea în putere?

Conform celor de mai sus, amplificarea în putere a unui tranzistor poate fi calculată ca fiind raportul între puterea de ieşire şi cea de intrare. Raportul dintre rezistenţa de intrare şi cea de ieşire este de mare importanţă şi uneori se vorbeşte prin convenţie de o aşa zisă „amplificare de rezistenţă". Prin urmare: $A_R = R_{ieş.}/R_{intr.}$ este „amplificarea de rezistenţă" şi o valoare tipică pentru tranzistoarele cu joncţiuni este 1 000—5 000.

Mai mult, amplificarea în tensiune se poate scrie αA_R iar amplificarea în putere $\alpha^2 A_R$.

Cum se aplică cele de mai sus la tranzistorul pnp?

În timp ce cea mai mare parte a curentului care circulă în tranzistorul *npn* este cauzată de mişcarea electronilor, dispozitivul *pnp* funcţionează datorită în principal mişcării golurilor încărcate pozitiv. Este deci necesar să se schimbe polaritatea tensiunilor aplicate pentru a se obţine aceleaşi efecte. Prin urmare, baza va fi polarizată negativ faţă de emitor, iar colectorul-negativ în raport atît cu baza cît şi cu emitorul.

Ce este factorul β?

Pînă acum am considerat conexiunea denumită cu bază comună a tranzistorului, unde curentul prin circuitul bază-emitor determină variaţiile curentului de colector. Este posibil să se obţină o amplificare în curent notată cu β, definită ca raportul între variaţia curentului de colector şi variaţia curentului de bază (cu tensiunea de colector constantă), conectînd un tranzistor *pnp* ca în fig. 30a. O variaţie mică a curentului de bază provoacă o variaţie mare a curentului de colector. Aceasta este valabil şi la tranzistoarele *npn*.

Acesta este modul de conectare cu emitorul comun?

Da. Circuitul de intrare şi cel de ieşire au comun emitorul (din punct de vedere al componentei alternative). Corect vorbind, atît factorii α şi β cît şi aşa numiţii parametrii hibrizi notaţi cu h cu diverşi indici, se definesc în curent alternativ la frecvenţa semnalului. În curent continuu (la frecvenţa zero), se aplică alte considerente şi se dau alţi parametri notaţi cu α_0 şi β_0.

În conexiunea cu baza comună, la care ne-am referit anterior, factorul de amplificare în curent α va fi întot-

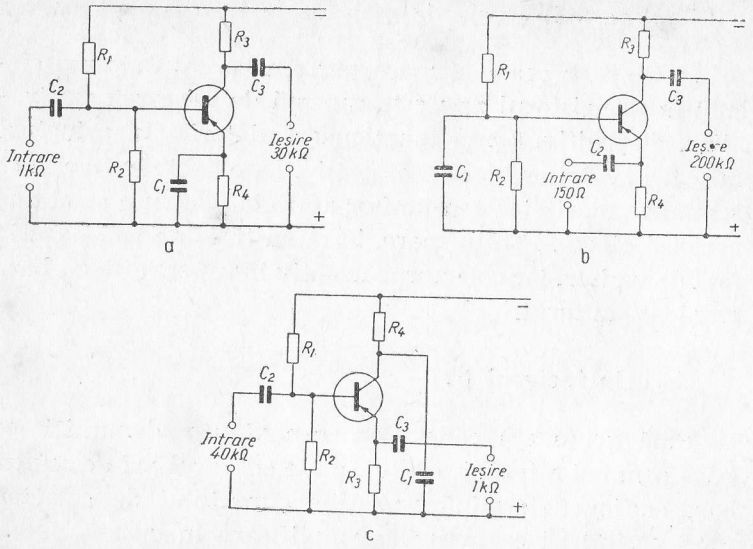


Fig. 30. Cele trei circuite de bază de amplificare cu tranzistor:

a — cu emitorul comun; *b* — cu baza comună; *c* — cu colectorul comun. Se indică și valorile tipice impedanțelor de intrare și de ieșire. În fiecare caz divizorul de tensiune format din R_1 și R_2 produce polarizarea care determină punctul de funcționare. Condensatorul C_2 permite cuplarea semnalului de intrare, C_3 permite culegerea semnalului de ieșire, iar R_3 este rezistența de sarcină. În schema *a*, R_4 realizează stabilizarea față de efectele variațiilor de temperatură în acest tip de schemă; în schema *b*, ea servește pentru introducerea semnalului de intrare, iar în schema *c*, ea constituie împreună cu C_1 un filtru de decuplare al colectorului (a se vedea în capitolul următor despre calculul decuplării). În fig. *a*, C_1 decuplează pe R_4, iar în fig. *b* și *c* scurtcircuitează la masă electrodul comun din punct de vedere al frecvenței semnalului.

deauna mai mic decît unitatea, pentru că, curentul de colector i_C va fi întotdeauna mai mic decît curentul de emitor i_E, cu o cantitate egală cu curentul de bază i_B.

Ce se înțelege prin montajul cu baza comună?

Acest termen denumește configurația din fig. 29 și 30.*b* în care circuitul bazei este comun atît circuitului de emitor (de intrare), cît și celui de colector (de ieșire). Această

configurație a fost în general caracteristică circuitelor realizate cu primele tranzistoare apărute, cele cu contacte punctiforme, dar nu mai este astăzi așa de des utilizată, cu excepția schemelor ce trebuie să lucreze la frecvențe foarte înalte. Mai utilizată este configurația cu emitorul comun (fig. 30 *a*), unde emitorul „participă" atît la circuitul de intrare, cît și de ieșire.

În fine, o a treia configurație posibilă este cea cu colectorul comun (fig. 30 *c*), care interesează deoarece are o impedanță mare de intrare și o impedanță mică de ieșire. Acest montaj se numește și repetor pe emitor.

Toate tranzistoarele au trei terminale?

Nu toate. Există unele tranzistoare speciale avînd patru terminale și unele caracteristici total diferite. Există de asemeni dispozitive cu efect de cîmp (TEC). Acestea sînt în esență formate dintr-o bară de material semiconductor a cărei rezistență poate fi variată prin creșterea

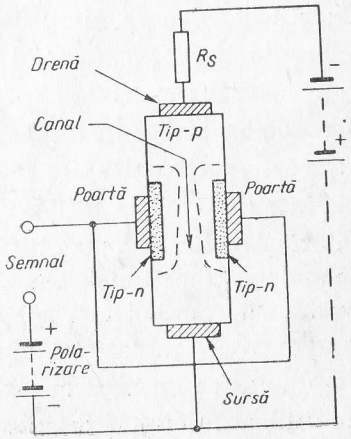


Fig. 31. Regiuni de tip *n* se formează pe fețele opuse ale unei bare de siliciu de tip *p*. Acestea se numesc porți. Între porți există un spațiu denumit canal. Extremitățile barei se numesc sursă, respectiv drenă. Conectînd cele două porți la exterior și aplicînd o tensiune între ele și respectiv sursă pentru a polariza joncțiunile în sens invers se va forma un canal „de evacuare" așa cum se indică punctat. Creșterea tensiunii reduce lățimea efectivă a canalului provocînd creșterea rezistenței între cele două extremități ale barei, adică între sursă și drenă.

polarizării inverse aplicată unei joncțiuni situate pe partea laterală a barei și deci prin extinderea regiunii de evacuare de-a-lungul barei. Acest fenomen se înțelege mai bine urmărind fig. 31.

Cum funcționează un tranzistor cu efect de cîmp?

Aplicînd între sursă și poartă o tensiune de semnal variabilă în serie cu o tensiune de polarizare, penetrația stratului de evacuare este variabilă. Aceasta produce în mod corespunzător variații ale curentului de drenă. Dacă se conectează o rezistență de sarcină în serie cu drena și cu sursa de alimentare, variația curentului va produce o variație de tensiune la bornele rezistenței de sarcină, adică va apare o amplificare în tensiune.

Care este avantajul specific acestei metode?

Semnalul se aplică unei joncțiuni polarizate invers, a cărei impedanță este foarte mare. Dacă se utilizează TEC cu siliciu planare, impedanța de intrare poate fi mai mare de 10 MΩ, chiar mai bună decît în cazul multor tuburi special construite pentru a fi utilizate la amplificarea semnalelor slabe. În multe situații rezistența de intrare a tranzistoarelor obișnuite este prea mică.

Într-un TEC se utilizează doar un singur tip de purtători. Aceștia sînt purtători majoritari din bara de semiconductor. Joncțiunea tranzistorului depinde de circulația purtătorilor minoritari prin regiunea bazei tot așa ca și de purtătorii majoritari din celelalte două regiuni. TEC are un factor de zgomot redus, care il face convenabil să fie utilizat în etajele de intrare și în alte aplicații speciale.

Tuburi catodice

Ce este un tub cinescop și cum lucrează?

Tubul cinescop sau tubul catodic se utilizează pentru a afișa imaginea în receptorul de televiziune. Principiul său de funcționare este similar principiului tubului termoionic cu catod încălzit indirect descris mai înainte, care emite electroni care sînt atrași de un anod pozitiv. Totuși, anodul este confecționat sub forma unui cilindru, astfel încît electronii trec prin el și lovesc un ecran situat la capătul tubului. Ecranul este acoperit cu un material fosforescent care strălucește atunci cînd este lovit de fasciculul de electroni. Sînt incorporați și unii electrozi suplimentari pentru a focaliza electronii emiși de catod sub forma unui fascicul subțire și de asemenea se utilizează mai mulți anozi suplimentari pentru a accelera fasciculul de electroni.

Pentru a obține accelerarea necesară, se aplică anodului final o tensiune foarte înaltă de circa 15—20 KV. Fasciculul este deviat cu ajutorul unor bobine fixate în jurul gîtului tubului, astfel încît să „traseze" imaginea; bobinelor (numite bobine de deflexie) li se aplică tensiuni avînd forme de undă potrivite, astfel încît să producă cîmpuri magnetice variabile în interiorul tubului care să comande mișcarea fasciculului de electroni convenabil.

4 Circuite de bază

r.tv. r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Redresoare

Ce este un redresor?

În limbajul folosit în radio și televiziune, un redresor constă în esență într-o diodă sau într-o combinație de diode utilizate pentru a transforma curentul alternativ în curent continuu.

Cum se obține aceasta?

Așa după cum am văzut pe scurt în cap. 3, tubul electronic este un dispozitiv unidirecțional. Electronii vor circula de la catod la anod, dar numai atunci cînd potențialul anodului este pozitiv față de catod. Această proprietate se întrebuințează în redresoare, aplicînd tensiunea alternativă electrozilor astfel încît atunci cînd anodul primește semialternanța pozitivă, curentul circulă prin sarcina conectată în circuitul catodului avînd un singur sens.

Cea mai simplă schemă este cea folosită deobicei în receptoarele de televiziune, redresorul monoalternanță (fig. 32).

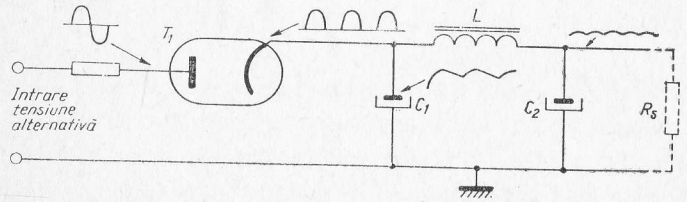


Fig. 32. Circuit de redresare monoalternanță cu filtru de netezire.

Care este funcționarea redresorului monoalternanță?

În fig. 32, tensiunea provenită de la rețeaua electrică (de pildă 220 V alternativ și 50 Hz) se aplică anodului diodei D_1, rezistența de sarcină R_s fiind conectată în circuitul catodic. Anodului i se aplică o tensiune pozitivă față de catod, care variază sinusoidal de la zero la 220 V și apoi înapoi la zero, odată la fiecare semialternanță. În timpul semialternanței negative, nu va circula curent dioda fiind blocată. Rezultatul este că la bornele sarcinii, adică în catodul diodei D_1 va apare o tensiune avînd mereu același sens, dar variabilă așa după cum am arătat. Această tensiune pulsatorie este netezită de circuitul de filtrare format din C_1, L și C_2, pentru a se obține o tensiune continuă la bornele sarcinii R_s.

Cum funcționează filtrul?

Condensatorul electrolitic C_1 (valoare tipică în receptorul de televiziune 100 μF) se încarcă la valoarea de vîrf cînd dioda D_1 conduce și tinde să se descarce prin sarcină atunci cînd tensiunea aplicată scade. Bobina de șoc L este astfel construită încît prezintă o impedanță mare la frecvența oscilației redresate, iar condensatorul de netezire C_2 (valoare tipică 200 μF) constituie un scurt-circuit pentru componenta alternativă reziduală, astfel încît la bornele rezistenței de sarcină rămîne o tensiune înaltă continuă practic invariabilă în timp.

Ce tipuri de redresoare se utilizează?

În afară de tuburi diodă convenționale, tot așa de bine se utilizează pe scară largă elemente redresoare formate din joncțiuni de metale diferite. Acestea au două forme constructive principale așa cum se arată în fig.

33 *a* și *b*. Răcirea se obține fie prin utilizarea unor aripioare metalice cu suprafață mare (*a*), fie prin conectarea din punct de vedere mecanic a dispozitivului la șasiul receptorului (*b*) dispozitivul fiind denumit „redresor răcit prin contact".

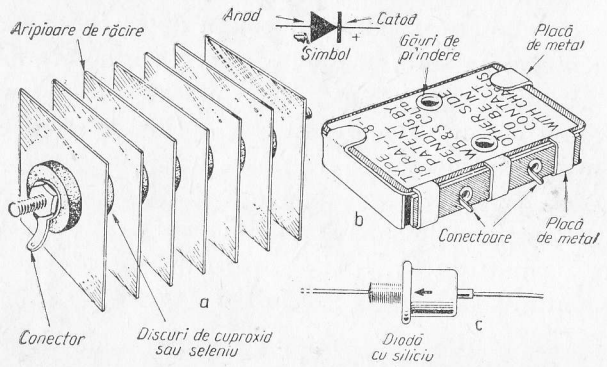


Fig. 33. Două tipuri de redresoare cu metal — oxid și o diodă redresoare cu siliciu (*c*), cu simbolurile de circuit.

În prezent sînt mult utilizate redresoarele cu diode cu siliciu bazate pe principiul diodei semiconductoare așa cum este descrisă în cap. 3, dar permițînd trecerea unor curenți relativ mari.

Ce este redresorul dublă alternanță?

Dacă două diode sînt conectate în așa fel încît tensiunea alternativă de la intrare să fie aplicată în antifază pe anozii lor, iar rezistența de sarcină să însumeze curenții catodici, atunci poate fi folosită și semialternanța „pierdută" neutilizată în redresoarele monoalternanță a tensiunii sinusoidale de la intrare. În fig. 34, *a* se arată cum se poate obține aceasta, conectînd extremitățile înfășurării secundare cu priză mediană a unui transformator (a cărui înfășurare primară este legată la rețea), la anozii celor două diode și luînd prima mediană a înfășurării secundare ca un punct comun, conectat la masă (care este totodată și o bornă a sarcinii). În fiecare jumătate a înfășurării secundare cu priză mediană apar tensiuni în antifază și diodele lucrează pe rînd.

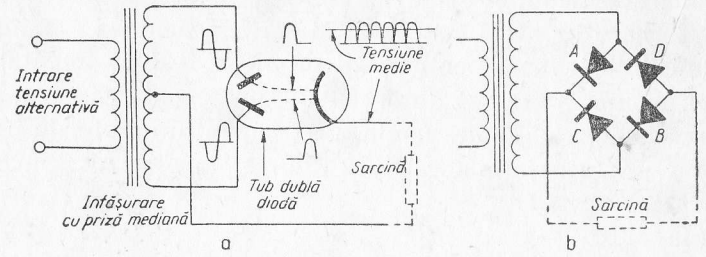


Fig. 34.:
a — Redresorul dublă alternanță. *b* — Redresorul în punte.

Curentul care rezultă este suma celor doi curenți ce trec prin diode, valoarea medie a tensiunii redresate se mărește, iar tensiunea pulsatorie care trebuie să fie netezită are acum frecvența de 100 Hz, deoarece impulsurile ajung la catod de două ori în cursul unei perioade. Este posibilă o mai bună filtrare, iar înfășurările transformatorului pot fi aranjate astfel încît să se aplice la nevoie o tensiune mai mare decît cea de la rețea anozilor diodelor, dacă este necesară o tensiune înaltă mai mare, utilizînd un transformator ridicător de tensiune.

Ce este un redresor în punte?

Patru diode dispuse așa cum se arată în fig. 34, *b* și conectate la secundarul unui transformator, permit de asemenea redresare ambelor alternanțe. Funcționarea este următoarea: cînd extremitatea superioară a secundarului este pozitivă, dioda A conduce, curentul circulă prin

dioda *A*, sarcină și dioda *B* (sensul convențional al curentului). Dacă extremitatea inferioară a secundarului este pozitivă, dioda *C* conduce și curentul circulă prin dioda *C*, sarcină, dioda *D* și prin secundar. Se obține o redresare dublă alternanță și deoarece la orice moment există două diode care lucrează conectate în serie, tensiunea maximă admisibilă inversă pentru o diodă poate fi doar jumătate din tensiunea inversă a unei diode din schema precedentă de redresor dublă alternanță. De asemeni nu mai este necesar un transformator avînd o înfășurare secundară cu priză mediană.

Cum se obține stabilizarea tensiunii?

Utilizînd un redresor normal (nestabilizat), atunci cînd curentul de sarcină crește tensiunea de ieșire scade datorită mai multor factori printre care creșterea căderii de tensiune pe rezistența ohmică a înfășurărilor transformatorului și a dispozitivului redresor, precum și datorită capacității limitate de „înmagazinare" a condensatorului C_1 din componența filtrului. Menținerea unei tensiuni de ieșire constante pentru o gamă largă de valori a curentului de sarcină cerut se numește stabilizare. Stabilirea este larg utilizată chiar în echipamente radio și audio relativ modeste, care includ de obicei și etaje funcționînd în clasă *B*. În plus există unele aplicații speciale în televiziune.

Care este cea mai simplă formă de stabilizator de tensiune?

Așa cum am arătat mai înainte, dioda Zener poate îndeplini o funcție de stabilizare datorită proprietății sale de a permite trecerea unui curent mare atunci cînd tensiunea inversă depășește o valoare critică bine precizată.

Montînd o diodă Zener în paralel cu sarcina cu condiția ca valoarea curentului să nu fie prea mare, se poate obține o stabilizare deseori satisfăcătoare. Dioda se conectează ca în fig. 35 în sens invers și se leagă la sursa ne-

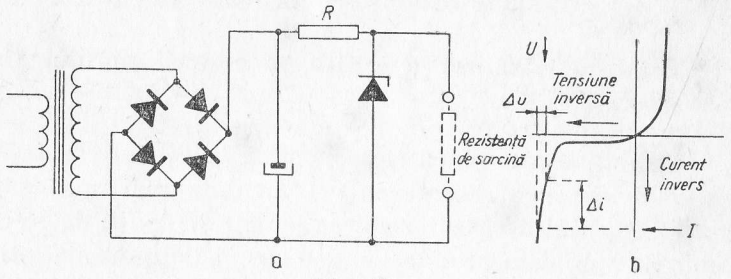


Fig. 35.:
a — Conectarea diodei Zener în paralel cu sarcina. *b* — Caracteristica diodei Zener, polarizată să absoarbă curentul I; creșterea curentului în rezistența de sarcină provoacă scăderea curentului prin dioda Zener cu Δ i, dar cauzează doar o ușoară modificare a tensiunii (Δu).

stabilizată în serie cu o rezistență *R*. Dioda se alege să aibă o tensiune de avalanșă aproximativ egală cu tensiunea stabilizată necesară; tensiunea de intrare și rezistența serie se aleg astfel încît să se obțină polarizarea diodei în regiunea de avalanșă la un anumit curent absorbit de sarcină.

Amplificatoare

Ce tipuri de amplificatoare există?

Există multe tipuri de amplificatoare care diferă prin schemele utilizate, prin impedanțele de intrare și de ieșire, prin puterea disponibilă și prin gama de frecvențe la care funcționează. În cap. 3 au fost date unele exemple, în particular scheme utilizate în audiofrecvență, deoarece acestea demonstrează mai ușor principiile de bază.

De asemenea s-a indicat în fig. 23, *a* și *b* care sînt metodele principale de cuplaj între etajele amplificatoare. Schema unui etaj final tipic al unui receptor de radio este dată în fig. 22, *c*. Un alt tip de amplificator care va fi discutat este amplificatorul de radiofrecvență.

Care este trăsătura specifică a amplificatorului de radiofrecvență?

În timp ce componentele conectate la intrarea și ieșirea etajelor de audiofrecvență comentate mai sus erau pur rezistive și deci comportarea lor nu depindea de frecvență, amplificatoarele utilizate prin radiofrecvență utilizează în general circuite rezonante la intrare și la ieșire pentru a obține o eficacitate mare. În fig. 36, *a* se dă schema unui amplificator de frecvență intermediară tipic (a se vedea de asemeni cap. 5), avînd conectat în cir-

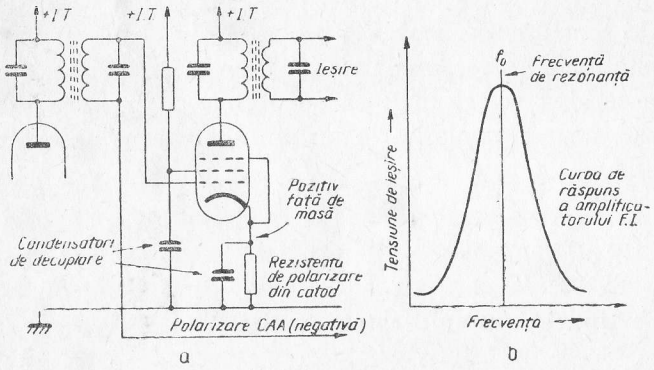


Fig. 36. Amplificator tipic de radiofrecvență:
a — schema; *b* — caracteristica de răspuns în frecvență.

cuitul de grilă secundarul unui transformator și ca sarcină anodică — primarul unui alt transformator. În acest mod se obține o impedanță maximă la frecvența de re-

zonanță (cap. 1) realizîndu-se o amplificare maximă, deci o tensiune maximă la intrarea celuilalt etaj la frecvența de acord.

Cum se realizează negativarea grilei?

Negativarea grilei, care este necesară pentru a se stabili punctul de funcționare corect al tubului, poate fi obținută în diferite moduri. În fig. 36, *a* se utilizează o rezistență conectată în circuitul de catod pentru a se obține o tensiune pozitivă în catod și deci o tensiune negativă în grilă. Capătul inferior al secundarului transformatorului de intrare nu este conectat la masă, ci la o tensiune negativă față de masă provenită de la sistemul de reglaj automat al amplificării (RAA). De acest sistem ne vom ocupa mai în detaliu în capitolul următor.

Care este rolul condensatorului conectat în paralel cu rezistența de negativare din catod?

Condensatorul decuplează rezistența de negativare, scurtcircuitînd componenta alternativă pentru a asigura o tensiune de negativare constantă, independentă de variațiile semnalului. De exemplu dacă o rezistență de 1,5 kΩ conectată în catod produce o tensiune de negativare de 15 V la o componentă de curent continuu catodic de 10 mA și dacă condensatorul de decuplare este de 1 000 pF (0,001 μF), atunci reactanța condensatorului la o frecvență intermediară tipică de 35 MHz (în receptorul TV) va fi de aproximativ 9 Ω. Deci se obține un scurtcircuit pentru componenta de curent alternativ, care se închide prin condensator, iar tensiunea de negativare rămîne invariabilă. Așa după cum s-a arătat, este de asemeni de dorit să decuplăm la masă și circuitul grilei ecran din punct de vedere al componentei alternative.

De ce se utilizează pentru decuplare condensatoare electrolitice în circuitele de audiofrecvență?

Pentru că frecvențele care trebuie să fie scurtcircuitate sînt mai mici, capacitatea trebuie să fie mai mare pentru a asigura o reactanță cît mai mică penru componenta alternativă. Deci în schemele de audiofrecvență (fig. 22, c de pildă) trebuiesc utilizate condensatoare de 25 și 50 μF; la o asemenea valoare mare, condensatorii electrolitici sînt mai ușor de fabricat decît cei de alte tipuri.

De ce condensatoarele electrolitice se întîlnesc și în circuitele de cuplaj între etaje ale schemelor cu tranzistoare de audiofrecvență?

Valoarea condensatorului de cuplaj depinde de răspunsul în frecvență a amplificatorului. Atunci cînd frecvența semnalului scade, va exista o situație la care amplificarea începe să scadă, deoarece reactanța condensatorului de cuplaj crește. Amplificarea va fi cu 3 dB (30%) mai mică la acea frecvență la care reactanța condensatorului este egală cu rezistența totală echivalentă conectată în serie cu el.

Ce cuprinde această rezistență echivalentă serie?

Ea cuprinde în esență rezistența de sarcină a etajului și rezistența de intrare a etajului următor. Există mai mulți factori ce trebuiesc luați în considerare. Revenind la schemele simple din fig. 30 și analizîndu-le, observăm că rezistențele de polarizare R_1 și R_2 sînt conectate în paralel una cu alta și cu rezistență de intrare a tranzistorului din punctul de vedere al componentei alternative pentru care sursa de alimentare reprezintă un veritabil scurtcircuit.

Aceasta presupune că bornele pozitivă și negativă ale sursei de alimentare sînt conectate la același potențial din punct de vedere al componentei de curent alternativ?

Deja s-a arătat care este efectul condensatorului de mare valoare (electrolitic) din circuitul de filtrare al redresorului, care lucrează ca un scurtcircuit al sursei de alimentare în curent alternativ.

Ce alte tipuri de amplificatoare există?

Cercetările în tehnologia de fabricație a dispozitivelor semiconductoare au dus la crearea unui dispozitiv foarte mic, complet capsulat, cu proprietăți stabile, denumit circuit integrat.

Pe o plachetă de semiconductor (cip) se formează un circuit complet prin dozarea convenabilă a impurităților și prin gravarea conexiunilor. Elemente de circuit convenționale cum ar fi rezistențe și capacități sînt formate toate pe aceeași plachetă de semiconductori, astfel încît o „plăcuță" avînd zece sau mai multe conexiuni de ieșire poate cuprinde în realitate o schemă cu o duzină de tranzistoare și de două ori mai multe componente simple de circuit.

Care este principala calitate a unui circuit integrat?

Avantajele constă într-o mare stabilitate în funcționare, o amplificare mare, un preț de cost redus datorat metodelor de producție de masă utilizate, dimensiuni reduse precum și ușurința de înlocuire. Pot fi realizate circuite integrate care să înlocuiască blocuri întregi de circuite în tunere și amplificatoare.

Circuitul integrat are un simbol special?

Există tendința de a se reprezenta în scheme circuitul integrat ca un triunghi sau ca un vîrf de săgeată, cîteodată cu identificarea detaliilor conținute în interiorul triunghiului, care este dispus astfel încît să indice calea semnalului. Circuitul detailat pe care îl înlocuiește este desenat cîteodată alături pe o schemă de principiu separată pentru a facilita verificarea.

Oscilatoare

Ce este un oscilator?

În capitolul 1 am văzut cum două circuite rezonante cuplate permit efectuarea unui transfer de energie și cum poate fi indusă o tensiune alternativă de la un circuit la altul, prin cuplaj magnetic. Am văzut de asemenea cum se aplică aceasta la amplificatoarele de radiofrecvență. În cap. 3 s-au dat schemele unor etaje schimbătoare de frecvență tipice în fig. 22, *a* și *b*.

În fig. 37 se dă schema simplificată a unui oscilator cu circuit acordat. Circuitul acordat *LC* este conectat în circuitul anodic, tensiunea anodică a tubului fiind afectată de orice modificare ce apare în acest circuit de sarcină.

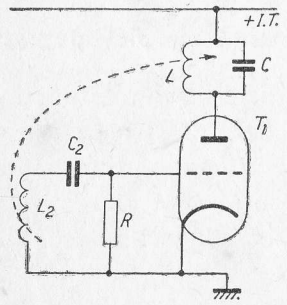


Fig. 37. Schemă simplă de oscilator. Așa după cum se poate vedea, un oscilator poate fi considerat ca un amplificator la care circuitele de intrare și de ieșire sînt cuplate. În acest exemplu, mica bobină L_2 din circuitul de grilă este cuplată inductiv cu circuitul acordat care formează sarcina circuitului anodic.

Bobina L_2 este cuplată inductiv cu circuitul acordat *LC*, iar *R* este rezistența de polarizare a grilei. Cînd circuitul se conectează la sursa de alimentare, apare o circulație de curent în circuitul anodic acordat, se induce în circuitul de grilă o tensiune care se aplică grilei, comandînd variațiile curentului anodic astfel încît oscilațiile se autoîntrețin dacă cuplajul are sensul corect, adică dacă se produce o reacție pozitivă.

Frecvența pe care oscilează circuitul este determinată de valorile componentelor. În practică *C* sau *L* (sau amîndouă) se construiesc variabile, pentru a se efectua reglajul frecvenței oscilatorului. Amplitudinea oscilației este determinată de mărimea variațiilor de curent întreținute de reacție și aceasta depinde de tub, de tensiunea de alimentare, de cuplajul mutual și de alți factori. Stabilirea amplitudinii oscilațiilor se poate face alegînd *R* și C_2 astfel încît să se obțină o negativare automată convenabilă prin curenții de grilă proveniți din detecția de grilă a oscilației.

Ce tipuri de oscilatori se utilizează?

Există multe variante, dar principalele tipuri utilizate în radiofrecvență derivă din tipurile de bază:

— oscilator cu circuit abordat în anod sau în grilă de tipul descris mai sus (cu reacție inductivă);

— oscilator de tip Hartley și

— oscilator de tip Colpitts.

Ce este oscilatorul Hartley?

Reacția se produce printr-un cuplaj inductiv folosind o bobină cu priză, ca în circuitul fundamental din fig. 38 *a*. Fig. 38 *b* reprezintă o altă formă a oscilatorului cu cuplaj inductiv din fig. 37, în care circuitul acordat este conectat în grilă.

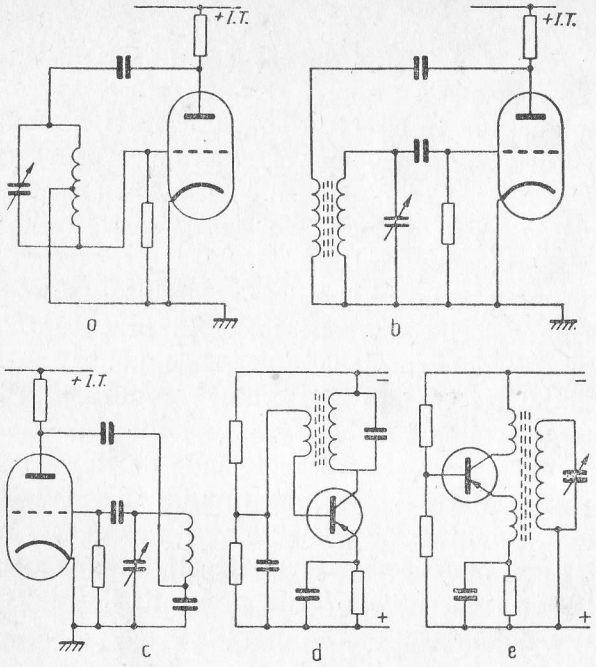


Fig. 38. Scheme de oscilatoare utilizate curent:
a — oscilator de tip Hartley; *b* — o variantă cu circuitul acordat conectat în grilă a schemei din fig. 37; *c* — o formă de oscilator Colpitts; d — oscilator tranzistorizat cu circuit acordat în colector; *e* — schemă tipică de oscilator utilizat în receptoarele tranzistorizate.

Ce este un oscilator Colpitts?

Reacția se produce prin cuplaj capacitiv așa cum se arată în schema din fig. 38 *c*. Diverse tipuri de scheme bazate pe această schemă simplă se utilizează pe larg în receptoarele de televiziune.

Oscilatoarele cu tranzistoare sînt asemănătoare?

Există diferențe de detaliu, datorate atît necesităților de polarizare diferite cît și impedanțelor relativ scăzute de intrare ale tranzistoarelor. În fig. 38 *d* se dă schema

unui oscilator tipic cu tranzistor avînd un circuit acordat în colector cuplat inductiv cu circuitul de bază; rezistența din emitor produce doar o polarizare de curent continuu necesară pentru a se stabiliza regimul de funcționare. Dacă se folosesc două înfășurări de cuplaj, circuitul acordat poate fi complet izolat. În schema practică din fig. 38 *e*, cuplajul se realizează în emitor, baza fiind conectată la masă din punct de vedere alternativ și primind doar tensiunea de polarizare.

Cunoașteți variante tranzistorizate de oscilatoare Hartley și Colpitts?

Dacă le reducem la elementele esențiale, acestea sînt similare schemelor cu tuburi. În fig. 39 *a* se dă schema unui oscilator Hartley tipic cu tranzistor, iar în fig. 39 *b* a unui oscilator Colpitts. Aceste scheme practice lucrează în jur de 100 kHz. Să observăm că bobina din schema Hartley are o priză, colectorul și emitorul fiind conectate la cele două extremități ale bobinei. Pentru că sursa de

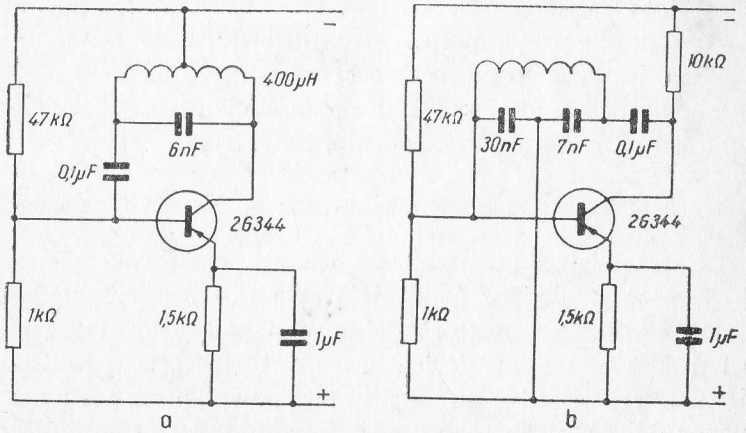


Fig. 39. Oscilatoare tranzistorizate tipice:
a — Hartley; *b* — Colpitts.

alimentare reprezintă un scurtcircuit din punct de vedere al componentei alternative, emitorul se poate considera ca fiind conectat la priza bobinei.

În schema oscilatorului Colpitts se observă că emitorul (echivalent catodului unui tub oscilator) este conectat la o priză a divizorului capacitiv conectat în paralel cu bobina și care formează circuitul acordat *LC*. Ambele scheme sînt realizate în montajul cu emitorul comun (la masă). Pentru polarizarea bazei se utilizează un divizor de tensiune, iar în emitor este conectată o rezistență scurtcircuitată de un condensator pentru componenta alternativă la frecvența de lucru.

Se pot utiliza aceste scheme la frecvențe mai înalte?

În domeniul frecvențelor întrebuințate în radiodifuziunea pe unde ultrascurte și în radioteleviziune se întîlnesc diverse variante cu triode ale schemei cu circuit acordat, luîndu-se precauții speciale pentru a se stabiliza frecvența circuitului și pentru a se preveni radiația pe frecvența oscilatorului. La frecvențe ultra înalte trebuie să se adopte principii întrucîtva diferite, date fiind lungimile de undă foarte scurte ce se utilizează. Se preferă tuburile triodă mai mult decît pentodele la frecvențe foarte înalte, datorită zgomotului mai redus.

Dar schemele tranzistorizate?

S-au elaborat un număr de scheme foarte specializate, avîndu-se în vedere avantajele specifice semiconductoarelor. Descrierea acestor scheme depășește cadrul acestei cărți. Tot ce putem oferi este o scurtă trecere în revistă. Utilizînd dispozitive cu siliciu epitaxial-planare, s-au realizat oscilatoare de microunde, funcționînd la cîțiva GHz (1 GHz = 1000 MHz) care folosesc în locul circuitelor acor-

date cavități rezonante sau linii coaxiale. La frecvențe mai mici, atunci cînd se cere obținerea unor frecvențe fixe, se utilizează cristale de cuarț în locul circuitelor acordate.

Care este principiul oscilatoarelor cu cristal de cuarț?

Cristalele de cuarț sînt tăiate de așa manieră încît să rezoneze pe frecvențe bine stabilite, fiind extrem de stabile. Realizarea unor scheme cu cristale de cuarț dă posibilitatea proiectantului să mențină fixă frecvența de oscilație, deoarece frecvența de rezonanță a cuarțului este determinată de proprietățile naturale de a vibra ale unui cristal de cuarț care a fost excitat printr-o metodă oarecare. Cristalul permite reacției pozitive din schemă să aibă loc doar la frecvența lui de oscilație.

Sînt aceste circuite limitate la o singură frecvență de lucru?

O metodă foarte cunoscută de utilizare a oscilatoarelor cu cristal este funcționarea pe armonica a doua. Frecvențele de rezonanță fundamentale ale cristalelor nu depășesc în general 20 MHz. Dacă se aplică tensiunea provenită de la un oscilator unui sistem neliniar și se selectează la ieșire o anumită armonică, atunci proiectantul poate construi un oscilator care să furnizeze la ieșire un multiplu al frecvenței fundamentale a cuarțului.

Există o schemă specială pentru bazele de timp utilizate în televiziune?

Schemele de baze de timp folosite în televiziune constituie un caz particular cu care ne vom ocupa mai tîrziu. Oscilațiile sînt utilizate pentru a se obține o undă de o

formă particulară (vezi forma de undă la ieșirea *A* fig. 40). Două tipuri principale de scheme utilizate sînt:

— oscilatorul autoblocat (o variantă de oscilator de tip anod acordat — grilă acordată) și

— multivibratorul.

Cum funcționează un oscilator de tip multivibrator?

O schemă caracteristică de multivibrator, așa cum se utilizează în schemele de televiziune este dată în fig. 40. După cum se poate vedea, ea constă din două etaje amplificatoare cuplate *RC*, ale căror ieșiri sînt legate fiecare la intrarea celuilalt amplificator. Această conectare determină ca cele două etaje să treacă cînd unul cînd altul din starea de conducție în starea de blocare, în mod succesiv, cu o viteză determinată de constantele de timp ale celor două rețele de cuplaj. Conectînd un condensa-

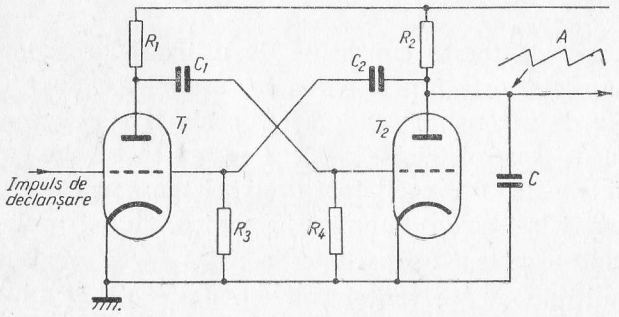


Fig. 40. Schema de bază a multivibratorului.

tor *C* la ieșirea unui etaj (între punctul *A* și masă), se obține o undă în „dinți de fierăstrău" prin încărcarea și descărcarea succesivă a acestui condensator. O descriere mai detaliată va fi dată în cap. 7.

5 Cum funcționează un receptor radio

r.tv r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Ce se înțelege prin receptor?

Antena captează undele electromagnetice transmise de emițător. Receptorul este un aparat care primește semnalele captate de antenă, le amplifică, le detectează astfel ca să poată deveni audibile și le amplifică pînă la un nivel de audiție satisfăcător.

Acest răspuns ridică o serie de întrebări; astfel există receptoare simple, cu cristal de galenă care nu amplifică semnalul; există „tunere" unele foarte bune și foarte bine cotate astăzi, care prelucrează semnalul de radiofrecvență, îl detectă și livrează la ieșire semnal de audiofrecvență la un nivel suficient doar pentru o înregistrare magnetică sau pentru a fi amplificate ulterior de către un echipament audio de înaltă fidelitate (hi-fi). Amîndouă se consideră receptoare în sensul larg al cuvîntului.

Cum este captat semnalul de radiofrecvență?

O antenă acordată în banda de frecvențe ce trebuiesc recepționate generează o tensiune de semnal datorită undelor electromagnetice care „excită" antena. Semnalul se aplică unor etaje amplificatoare sensibile, și ele foarte precis acordate. Cîteva amănunte despre antene și modul lor de funcționare au fost date în cap. 2.

Ce este un receptor cu amplificare directă?

Termenul arată modul în care este prelucrat semnalul. Un număr de etaje succesive acordate pe frecvența semnalului de intrare îl amplifică, apoi urmează detecția pentru a se obține semnalul audio și în fine amplificarea în audiofrecvență pentru a ajunge la nivelul necesar auditiei.

Există și alte tipuri de receptoare?

Receptorul superheterodină, pe care îl vom discuta mai tîrziu, este utilizat mai pe larg. Dar ambele tipuri de scheme utilizează circuite acordate.

Cum se acordă aceste circuite?

Există două metode principale: una se bazează pe utilizarea unor inductanțe fixe (bobine cu un număr de spire stabilit) conectate împreună cu o capacitate variabilă; cealaltă metodă utilizează capacități fixe și o inductanță variabilă deobicei cu ajutorul unui miez mobil ce poate fi introdus în interiorul unei bobine fixe ca poziție. Cînd se utilizează mai multe circuite, reglajul acordului lor trebuie să se facă simultan. Acesta se numește monoacord.

Întotdeauna circuitele sînt acordate pe aceeași frecvență?

Nu întotdeauna. Dacă se dorește să se acopere o bandă de frecvențe mai largă, se utilizează circuite de tip trece bandă, de obicei circuite cuplate, care pot fi și decalat acordate.

Ce este un circuit trece bandă?

Acesta este un tip de circuit avînd o curbă de răspuns în frecvență cu un maxim mai mult sau mai puțin „plat" în jurul frecvenței de rezonanță ca în fig. 41 *a*.

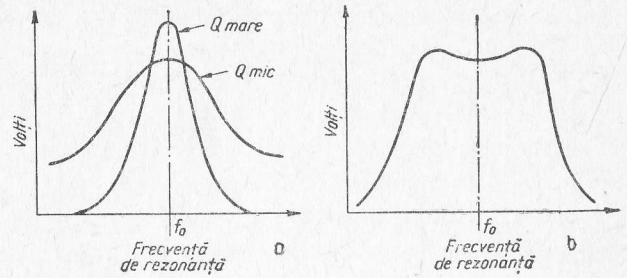


Fig. 41. Curbe de răspuns:
a — cu un singur maxim; *b* — cu două maxime, de bandă largă.

Cu cît factorul de calitate al circuitului este mai mare, cu atît curba este mai ascuțită și selectivitatea mai bună. Dar în practică o selectivitate extremă nu este de dorit. Mai important este ca amplificatorul să lucreze într-o bandă de frecvențe, ca să permită și trecerea benzilor laterale ale semnalului în afară de frecvența purtătoarei.

Cînd se cuplează două sau mai multe circuite acordate, interacțiunea dintre ele tinde să „perturbe" rezonanța lor. Ajustarea mărimii cuplajului permite obținerea unui răspuns de tip trece bandă ca cel din fig. 41 *b* cu două maxime, chiar dacă circuitele se acordă fiecare pe aceeași frecvență.

Există alte metode de a aplatiza curba de răspuns?

O metodă răspîndită în special în receptoarele de televiziune este amortizarea circuitelor acordate prin conectarea de rezistențe în paralel cu fiecare din ele.

Ce tipuri de circuite trece bandă se folosesc?

Patru circuite fundamentale sînt date în fig. 42. Fig. 42, *a* reprezintă o pereche de circuite simple cuplate prin cuplaj mutual, pe care le vom întîlni mai departe din nou în considerentele asupra receptorului superhetero-

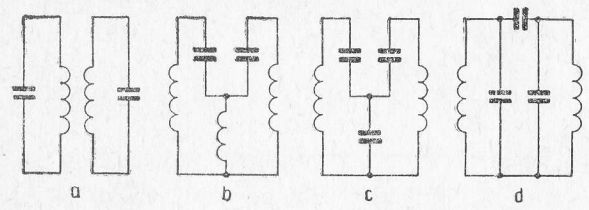


Fig. 42. Circuite trece-bandă:
a — cu cuplaj inductiv prin inductanță mutuală; *b* — cu inductanță mutuală de cuplaj; *c* — cu capacitate de cuplaj în „T"; *d* — cu capacitate de cuplaj conectată la capetele „calde" (în „π").

rodină. În fig. 42, *b* cuplajul se face printr-o inductanță comună, iar în fig. 42, *c* printr-o capacitate comună (cuplaj în T). În fig. 42, *d* cuplajul se face prin capacitatea conectată între cele două capete calde ale circuitelor (cuplaj în π).

Care este dezavantajul receptorului cu amplificare directă?

Creșterea tot mai mare a numărului de stații care-și partajează benzile de radiodifuziune, în ciuda reglementărilor internaționale care limitează lărgimea de bandă pentru fiecare la 9 KHz, face să fie necesară utilizarea a patru sau chiar mai multe circuite acordate conectate în cascadă, într-un aranjament de tip trece bandă, pentru a obține o selectivitate suficientă și pentru a preveni interferența între semnalele stațiilor adiacente. Aceasta determină apariția unor probleme legate de instabilitate, da-

torată reacției pozitive parazite ce poate lua naștere între etaje prin pătrunderea semnalului amplificat la etajele de intrare.

Care este soluția?

Soluția este limitarea numărului de circuite acordate pe aceeași frecvență, a semnalului recepționat. Prin mixarea semnalului captat cu un altul obținut local, care are întotdeauna o frecvență mai mare decît frecvența purtătoarei recepționate cu o aceiași cantitate fixă, urmînd apoi selectarea frecvenței fixe diferență care rezultă și amplificarea acesteia cu un număr de etaje avînd circuite acordate pe această frecvență fixă, denumită frecvență intermediară, se obține o mare îmbunătățire a selectivității receptorului, cu o bună stabilitate în funcționare. Acestea este principiul receptorului superheterodină.

Care sînt principalele etaje ale receptorului superheterodină?

Pentru a se realiza operațiile descrise mai sus sînt necesare un oscilator local și un etaj schimbător de frecvență urmat de o serie de etaje amplificatoare de frec-

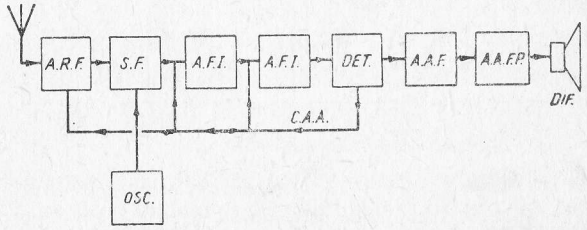


Fig. 43. Schema bloc a unui receptor superheterodină cu etaj amplificator de radiofrecvență și oscilator separat.

venţă intermediară. Acestea sînt principalele etaje specifice receptorului superheterodină, cu toate că de obicei primele două se pot combina într-un singur etaj. Fig. 43 reprezintă schema bloc a unui receptor superheterodină (în practică amplificatorul de radiofrecvenţă poate uneori să lipsească şi de asemenea se poate utiliza doar un singur etaj de frecvenţă intermediară). Ca şi la receptorul cu amplificare directă schema se completează cu un etaj detector urmat de cîteva etaje amplificatoare de audiofrecvenţă.

Cum se obţine frecvenţa intermediară?

Fig. 44 reprezintă schema părţii de intrare a unui receptor de radiodifuziune cu tuburi pentru unde medii, care conţine şi un etaj amplificator de radiofrecvenţă.

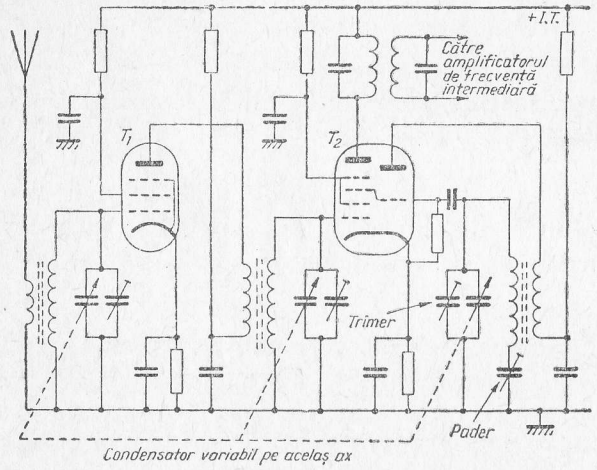


Fig. 44. Schema de bază a părţii de intrare a unui receptor pentru radiodifuziunea cu modulaţie de amplitudine, cuprinzînd şi un etaj amplificator de radiofrecvenţă. Comutarea gamelor de undă a fost omisă intenţionat pentru o mai bună claritate a schemei.

Semnalele care sosesc de la antenă sînt amplificate de etajul amplificator de radiofrecvenţă (ARF) realizat cu tubul T_1 şi ajung la grila etajului schimbător de frecvenţă care foloseşte secţiunea hexodă a tubului multiplu T_2, care este o triodă-hexodă. Secţiunea triodă funcţionează ca oscilator local (cu reacţia din anod în grilă), fiind acordat pe o frecvenţă care fiind „amestecată" electronic în secţiunea hexodă cu frecvenţa purtătoarei semnalului conduce la apariţia la ieşirea schimbătorului de frecvenţă a frecvenţelor sumă şi diferenţă. Frecvenţa diferenţă este selectată cu ajutorul circuitului acordat din anodul hexodei schimbătoare de frecvenţă. Acesta formează primul transformator trece-bandă de frecvenţă intermediară, la ieşirea căruia este conectat amplificatorul de frecvenţă intermediară (a se vedea şi fig. 22, *a* şi *b*).

Care sînt frecvenţele intermediare utilizate actualmente?

Alegerea frecvenţei intermediare depinde de un număr de factori printre care variaţia raportului între frecvenţa purtătoarei semnalului incident şi frecvenţa oscilatorului local în toată gama de lucru, precum şi anumiţi parametri ai etajelor amplificatoare de frecvenţă intermediară (AFI), care lucrează pe frecvenţă fixă. Frecvenţa intermediară tipică pentru receptoarele de radiodifuziune pentru emisiuni cu modulaţie în amplitudine (MA) este în jur de 450 ... 470 KHz. Oscilatorul local este astfel acordat încît să permită obţinerea acestei frecvenţe diferenţă indiferent de valoarea frecvenţei semnalului recepţionat. De exemplu, dacă purtătoarea semnalului este 1500 KHz oscilatorul va lucra pe 1500+470= =1970 KHz permiţînd obţinerea unui semnal de 470 KHz

la ieşirea schimbătorului de frecvenţă atunci cînd semnalele de 1500 KHz şi 1970 KHz sînt mixate, adică: 1970—1500=470 KHz; totuşi să observăm că deoarece frecvenţa intermediară reprezintă diferenţa între frecvenţa oscilatorului şi a semnalului, un semnal cu frecvenţa de 2440 KHz (frecvenţa denumită „imagine") ar putea, dacă există la intrarea receptorului, să permită de asemenea obţinerea la ieşire a frecvenţei de 470 KHz, frecvenţa oscilatorului local fiind de 1970 KHz (2440—1970=470 KHz).

Prin urmare, circuitul trece-bandă de la intrarea receptorului trebuie să fie suficient de selectiv pentru a atenua această frecvenţă imagine înainte de a pătrunde la intrarea în schimbătorul de frecvenţă. Valoarea tipică a frecvenţei intermediare a receptoarelor destinate recepţiei emisiunilor cu modulaţie de frecvenţă (MF) este de 10,7 MHz, iar a receptoarelor de televiziune în jur de 35 MHz.

Ce este un receptor cu dublă schimbare de frecvenţă?

În unele cazuri se preferă mai întîi coborîrea frecvenţei semnalului de la valoarea foarte mare a frecvenţei purtătoarei pînă la o valoare relativ înaltă a frecvenţei intermediare, pentru ca apoi să o schimbăm din nou, după o oarecare amplificare prealabilă, în frecvenţa intermediară standardizată, de valoare coborîtă. Receptorul are deci două oscilatoare locale şi două schimbătoare de frecvenţă.

De ce se ia frecvenţa oscilatorului mai mare decît frecvenţa purtătoarei?

Această precauţie obişnuită se ia în practică pentru a se reduce interferenţele nedorite ce pot apare. Frec-

venţa imagine este mai mare decît frecvenţa semnalului dorit cu dublul frecvenţei intermediare, dacă oscilatorul local lucrează pe o frecvenţă mai mare decît a semnalului.

Cum se realizează acordul continuu?

Pentru ca oscilatorul local să lucreze în orice moment pe o astfel de frecvenţă încît diferenţa între frecvenţa sa şi frecvenţa semnalului să rămînă constantă şi egală cu frecvenţa intermediară, trebuiesc luate anumite precauţii din cauza variaţiei raportului celor două frecvenţe în interiorul gamei de frecvenţe recepţionate. Dacă se intenţionează recepţionarea unei singure game de unde sau cel mult a gamelor de unde medii şi lungi, frecvenţa intermediară se poate menţine constantă alegîndu-se o anumită formă a plăcilor secţiunii de oscilator a condensatorului variabil de acord. Mult mai frecvent, această problemă a alinierii este rezolvată cu ajutorul adăugării unor condensatoare semivariabile sau fixe cunoscute sub numele de trimeri şi paderi.

Ce sînt trimerii şi paderii?

Aşa după cum s-a arătat în fig. 44, condensatoarele variabile sînt realizate constructiv sub forma unui condensator variabil multiplu (dublu sau triplu) avînd secţiuni separate montate pe acelaşi ax comun. Trimerii sînt mici condensatoare semivariabile montate în paralel cu condensatoarele variabile de acord. Efectul lor cel mai mare apare la valori mici ale capacităţii condensatorului variabil de acord, deci influenţează acordul la extremitatea superioară a gamei de acord recepţionate (la frecvenţa cea mai mare a gamei).

În serie cu bobina de acord a oscilatorului se conectează alt condensator semivariabil (adeseori fix) denumit pader. El are cea mai mare eficacitate atunci cînd plăcile rotorului condensatorului variabil sînt introduse în întregime în stator, adică la capacitatea maximă și deci la extremitatea inferioară a gamei de acord (la frecvența cea mai mică).

Reglînd atît trimerul cît și paderul se poate găsi o situație în care diferența dintre frecvența oscilatorului local și a semnalului pentru orice poziție a condensatorului variabil este aproape constantă, deși acest lucru este de fapt strict adevărat doar pentru trei puncte din întreaga gamă recepționată, denumite puncte de aliniere. Dacă se utilizează circuite separate pentru fiecare gamă, se folosesc trimeri și paderi separați. În receptoarele simple, schimbarea gamei se face adeseori doar prin conectarea unor condensatoare pader în circuit.

Ce alte variante de schimbătoare de frecvență se utilizează?

În locul tubului multiplu triodă hexodă se poate utiliza un singur tub heptodă. O schemă tipică, în care este figurată și comutarea gamelor de unde medii și lungi este dată în fig. 45. În această schemă prima și a doua grilă a heptodei joacă rolul unei triode oscilatoare, semnalul incident fiind aplicat pe grila a treia, iar schimbarea de frecvență este efectuată de fasciculul de electroni comun, dependent de ambele semnale.

Cum lucrează un schimbător de frecvență cu tranzistor?

În fig. 46, *a* este dată schema unui etaj schimbător de frecvență de tip autoconvertor, care este utilizată în

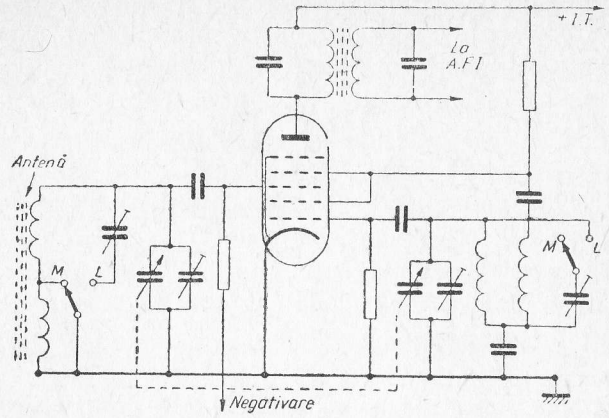


Fig. 45. Schema unui tip de schimbător de frecvență folosit în vechile receptoare portabile cu tuburi, utilizînd un tub pentagrilă. Este indicată și comutarea unde lungi-unde medii.

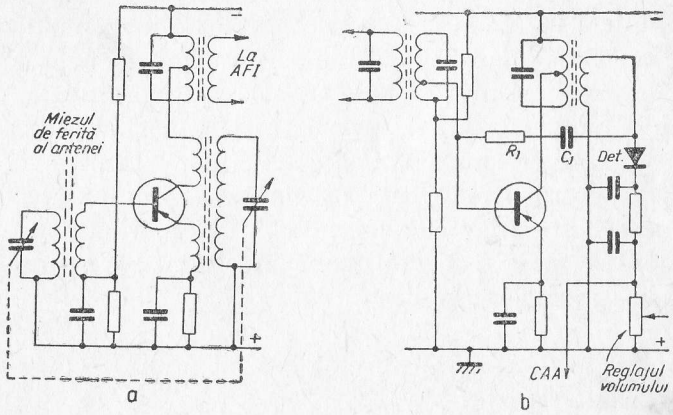


Fig. 46.:
a — Etaj schimbător de frecvență de tip autoconvertor cu tranzistor. *b* — Schema unui etaj amplificator de frecvență intermediară tranzistorizat și a detectorului. Componentele pentru neutrodinare (R_1C_1) sînt arareori necesare dacă se utilizează tipuri moderne de tranzistoare.

multe receptoare tranzistorizate. Întreținerea oscilației locale este asigurată de cuplajul între emitor și colector. Polarizarea automată care apare datorită oscilației locale, determină ca dispozitivul să funcționeze în regiunea de tăiere și ca urmare a funcționării neliniare apare schimbarea de frecvență. Tensiunea între bază și emitor depinde atît de semnalul provenit de la antenă cît și de oscilația locală; este o schimbare de frecvență „aditivă". Circuitul acordat pe frecvența intermediară separă componenta avînd frecvența egală cu diferența celor două frecvențe aplicate tranzistorului.

Care sînt condițiile specifice de lucru pentru un etaj amplificator de frecvență intermediară?

Deoarece etajul de frecvență intermediară trebuie să lucreze doar într-o bandă redusă de frecvențe (în jurul purtătoarei frecvenței intermediare), proiectarea trebuie făcută astfel încît să se obțină o amplificare mare fără instabilitate în funcționare sau condiții de lucru neliniare care ar putea duce la apariția distorsiunilor neliniare Amplificarea etajului trebuie să poată fi comandată cu ajutorul unei tensiuni de polarizare și capacitățile parazite ce pot favoriza apariția autooscilațiilor trebuiesc compensate pentru o mai mare ușurință a acordului. Reglajul acordului circuitelor permite ca forma curbei de răspuns să poată fi făcută asemănătoare cu cea dorită în limitele unor toleranțe destul de stricte.

Cu ce se deosebește un etaj AFI al unui receptor de unde ultrascurte?

Așa după cum s-a menționat, datorită unui control strict asupra condițiilor de lucru, este posibil să se selecteze la ieșirea unui etaj AFI o bandă de frecvențe bine

definită. Același etaj, cu foarte mici modificări, exceptînd adăugarea unui transformator suplimentar acordat pe frecvența intermediară utilizată la recepția undelor ultrascurte (10,7 MHz), poate fi folosit să amplifice și frecvența intermediară înaltă utilizată la recepția emisiunilor cu modulație de frecvență pe unde ultrascurte (UUS). Cele două transformatoare de frecvență intermediară, unul acordat pe 470 KHz pentru emisiuni MA și altul acordat pe 10,7 MHz pentru emisiuni MF, sînt conectate de obicei în serie. Deoarece frecvențele la care lucrează fiecare transformator sînt mult diferite între ele, este posibil să se monteze cele două bobine într-o cutie ecranată comună, ceea ce este de dorit adesea pentru a se realiza o construcție compactă.

Cu ce diferă un etaj de frecvență intermediară tranzistorizat de unul cu tub electronic?

Se aplică aceleași principii fundamentale, dar impedanțele implicate sînt mult mai mici, iar tranzistoarele au o reacție internă proprie, ceea ce necesită anumite completări ale schemelor fundamentale, în primul rînd neutrodinarea (neutralizarea).

Ce este neutrodinarea?

Neutrodinarea constă în realizarea unei reacții controlate pentru compensarea reacției interne în unele tipuri de tranzistoare. Aceasta se obține prin realizarea unui cuplaj capacitiv între circuitele de ieșire și de intrare ale tranzistorului, sau prin conectarea unei rezistențe în serie cu o capacitate între circuitele de ieșire și de intrare. Fig. 46, *b* reprezintă un etaj AFI tipic în care grupul R_1C_1 realizează neutrodinarea. Se observă că colectorul este

conectat la o priză a înfășurării primare a transformatorului; aceasta permite obținerea unei rezistențe echivalente paralel la rezonanță a circuitului acordat mare, mărirea factorului de calitate Q și deci îmbunătățirea selectivității. Baza este conectată de asemeni la o priză a circuitului de intrare, pentru a se obține o adaptare corectă. La tipurile mai recente, îmbunătățite de tranzistoare neutralizarea nu mai este necesară și în prezent rețeaua R_1C_1 se omite în general din scheme.

Cum funcționează detectorul?

Pentru a detecta un semnal modulat în amplitudine este necesar ca acesta să fie redresat, filtrat de componenta de radiofrecvență, iar semnalul alternativ de audiofrecvență rezultat să fie aplicat unui amplificator de audiofrecvență. Deși există mai multe metode de detecție, tendința generală actuală este de a se folosi o singură diodă pentru demodularea semnalelor MA. În circuitele cu tuburi, dioda face parte adeseori dintr-un tub multiplu; o schemă tipică este dată în fig. 48. Aici potențiometrul de volum face parte din rezistența de sarcină a diodei.

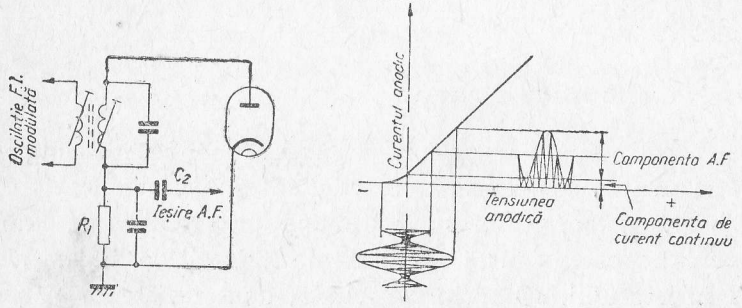


Fig. 47. Utilizarea unei diode pentru detecția de anvelopă a semnalelor cu modulație de amplitudine. Filtrul R_1C_1 elimină componenta de radiofrecvență conținută de semnalul redresat.

iar R_1, C_1 și C_2 formează circuitul de filtrare. Principiul redresării a fost discutat în cap. 3 și 4.

Circuitele de detecție din receptoarele cu tranzistoare sînt foarte asemănătoare, așa cum se poate vedea în

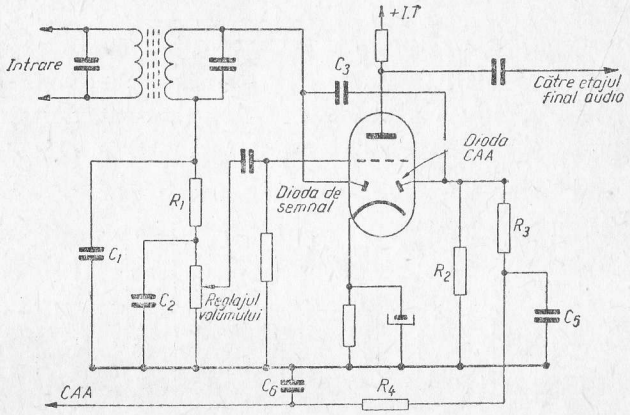


Fig. 48. Tub multiplu utilizat ca detector de semnal, detector CCA și preamplificator de audiofrecvență într-un receptor MA.

schema din fig. 46, *b*. Să observăm că se utilizează o singură diodă (de obicei cu germaniu). Diodele semiconductoare se utilizează pentru detecție și în receptoarele cu tuburi.

Ce tipuri de demodulatoare se utilizează în receptoarele cu modulație de frecvență?

Deoarece un semnal modulat în frecvență este constant ca amplitudine (a se vedea mai departe referința la circuitele de limitare) detecția de anvelopă nu poate permite extragerea semnalului de audiofrecvență dorit. Au fost elaborate mai multe procedee de a sesiza variațiile

de frecvență și demodula astfel oscilațiile MF. Ne vom ocupa de detectorul de raport și de discriminatorul de fază (Foster—Seely).

Cum funcționează detectorul de raport?

În schema din fig. 49, *a* secundarul transformatorului de frecvență intermediară este prevăzut cu o priză mediană, iar bobina L este cuplată cu primarul, dar nu este acordată. Două diode sînt conectate în serie cu secundarul avînd ca sarcină grupul R_1C_1. Considerăm că frec-

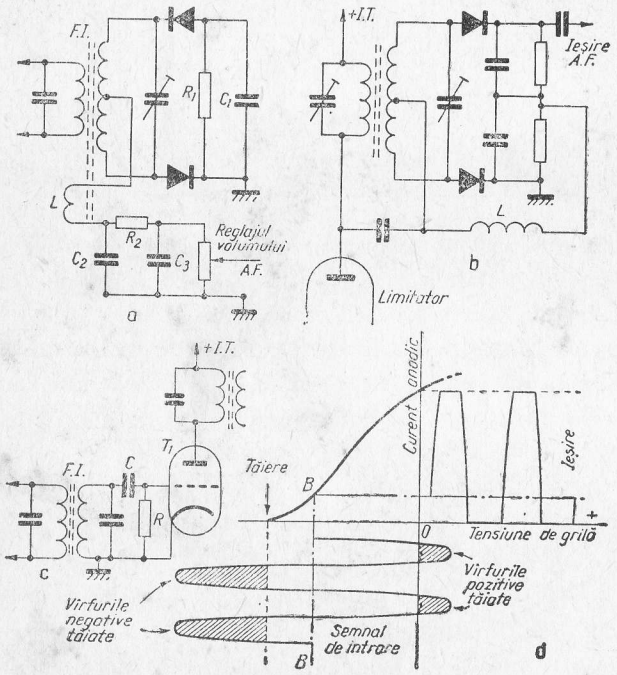


Fig. 49. Demodulatoare pentru semnale modulate în frecvență:

a — detectorul de raport; *b* — discriminatorul de fază Foster-Seely; *c* — schema unui limitator tipic; *d* — caracteristica a limitatorului din fig. 49, *c*.

vența instantanee a semnalului variază în jurul frecvenței centrale în ritmul semnalului modulator. La frecvența centrală, la care transformatorul este acordat, apar tensiuni egale și de semne contrare la capetele înfășurării secundarului. Diodele conduc atunci la fel amîndouă și prin R_1 trece o componentă continuă. Tensiunea la bornele condensatorului C_1 este prin urmare constantă. Dacă frecvența se modifică, variațiile de fază din circuite determină apariția unor tensiuni diferite (tensiunile alternative o iau înainte sau rămîn în urmă după cum sarcina are caracter inductiv sau capacitiv, așa după cum am discutat în cap. 1); cele două diode vor primi semnale de amplitudini diferite. Diferența de curent, care reprezintă de fapt semnalul de audiofrecvență recuperat, ajunge la potențiometrul de reglaj al volumului.

Care este scopul circuitului de filtrare?

Condensatorul C_2 scurtcircuitează componenta de înaltă frecvență care poate rămîne datorită unei mici nesimetrii a circuitului. Grupul R_2 și C_3 formează o rețea de dezaccentuare care corectează accentuarea frecvențelor înalte ale semnalului audio care se efectuează la emițător cu scopul de a se preveni „acoperirea" lor de către zgomot și a se îmbunătăți prin urmare raportul semnal/zgomot la frecvențe audio superioare.

Care este avantajul detectorului de raport?

Principalul avantaj practic este că demodularea se poate face cu o simplă pereche de diode, eliminîndu-se necesitatea unui etaj limitator, schema îndeplinind un rol multiplu. Variațiile de amplitudine au un efect mic asupra tensiunii ce apare la bornele grupului R_1C_1 datorită constantei de timp relativ mari a acestui grup (în

jur de 0,1 sec). Deci perturbațiile de interferență care constă în principal din variații de amplitudine foarte rapide nu provoacă interferențe cu semnalul dorit chiar dacă acesta este relativ slab. Pentru acest motiv nu sînt necesare etaje cu amplificare mare înaintea demodulatorului, pentru funcționarea în bune condiții a unui eventual etaj limitator care să obțină o îmbunătățire a raportului semnal/zgomot prin limitarea perturbațiilor de amplitudine.

Care sînt dezavantajele schemei?

Este necesar ca echilibrarea schemei să se păstreze pentru a se reduce zgomotul și distorsiunile. Etajele de frecvență intermediară trebuie să aibă o curbă de răspuns în frecvență cu o bandă relativ largă, iar acordul acestor etaje pentru obținerea lărgimii de bandă necesară este mai critic. Din acest motiv unii constructori preferă discriminatorul de fază Foster—Seely.

Ce este discriminatorul Foster-Seely?

Schema figurată în fig. 49, *b* este similară în multe privințe detectorului de raport, funcționează deasemenea prin compararea fazelor, însă diodele sînt conectate în opoziție în loc să fie conectate în serie. Tensiunile de semnal ce apar în fiecare jumătate a secundarului cu priza mediană sînt întotdeauna egale. Tensiunea din înfășurarea primară este conectată la priza mediană a secundarului prin condensatorul C și se adună tensiunilor existente în cele două jumătăți ale înfășurării secundare. Relațiile de fază între cele trei tensiuni se modifică dacă apare o deviație de frecvență. Rezultatul este apariția unui semnal de audiofrecvență la ieșirea discriminatorului.

De ce este necesară folosirea unui limitator?

Orice variație a amplitudinii semnalului de înaltă frecvență care apare poate fi detectată de diode și apare la ieșire ca un semnal parazit. Este necesară utilizarea unui etaj limitator înaintea discriminatorului pentru a elimina prin limitare aceste variații; cîteodată se utilizează mai multe etaje limitatoare.

Cum funcționează limitatorul?

În fig. 49. *c* se dă o schemă simplificată, iar în fig. 49, *d* curba caracteristică a curentului anodic funcție de tensiunea de grilă pentru un tub utilizat ca limitator. Tubul T_1 figurat aici ca triodă, deși se utilizează deobicei pentode, este de tipul cu o tăiere bruscă a curentului anodic și este alimentat cu o tensiune anodică scăzută. În aceste condiții, tubul tinde să lucreze ca un detector cu detecție pe grilă, C_1 încărcîndu-se cînd sosesc vîrfurile pozitive ale semnalului și mărind astfel negativarea grilei. În fig. 49 *d* tensiunea de negativare automată este indicată prin linia *B*—*B*. Semialternanțele pozitive duc tubul în domeniul curenților de grilă, provocînd totodată „tăierea" tensiunii de ieșire în timp ce semialternanțele negative ale semnalului duc tubul sub punctul de tăiere, provocînd de asemeni tăierea tensiunii de ieșire.

Deci orice semnal mai mare decît cel determinat prin proiectarea circuitului, va fi tăiat sau suprimat în momentele cînd depășește limitele prestabilite.

Limitatorul nu distorsionează semnalul util?

Semnalul este distorsionat ca amplitudine, dar variațiile frecvenței care reprezintă mesajul util nu sînt afrectate în nici un fel de limitare. Amplitudinea de ie-

șire este constantă. Prin urmare semnalul demodulat nu va fi distorsionat și va avea o amplitudine ce depinde doar de deviația de frecvență și nu de amplitudinea purtătoarei.

Care este avantajul sistemului?

Echilibrarea discriminatorului de fază este simplă. Răspunsul în frecvență al circuitelor deși important, nu este atît de critic ca în cazul precedent.

Care sînt dezavantajele?

În practică este necesară prezența unui etaj suplimentar. Semnalele slabe care ajung la limitator nu vor mai fi limitate și deci la ieșire va apare zgomot. Pentru a preveni acest fenomen, adeseori este necesară introducerea unor amplificatoare cu amplificare mare și deasemenea îmbunătățirea acțiunii sistemului de control automat al amplificării (reglaj automat al amplificării).

Ce este controlul automat al amplificării (CAA)?

Reglajul automat al amplificării sau controlul automat al amplificării este o metodă de a aplica o tensiune de negativare proporțională cu nivelul semnalului recepționat unor etaje de amplificare anterioare etajului de detecție cu scopul de a se obține la ieșirea acestuia semnale avînd aproximativ aceeași amplitudine medie. Deci, un semnal incident puternic provoacă apariția unei tensiuni de negativare mari care reduce amplificarea etajelor comandate (a se vedea schema bloc a receptorului superheterodină în fig. 43).

Așa după cum se vede în fig. 46, *b* și 48, semnalul de frecvență intermediară este redresat, iar tensiunea de cu-

rent continuu rezultată se aplică prin intermediul unor circuite de filtrare și de cuplat (necesare pentru a preveni reacția ce ar apare dacă componenta de radiofrecvență nu ar fi complet eliminată) la circuitele de grilă ale amplificatoarelor precedente. Dioda detectoare poate juca atît rolul de demodulator MA cît și de detector (redresor) al sistemului CAA. În aparate mai pretențioase, tensiunea de reglaj poate fi introdusă în diverse puncte „întîrziată", astfel încît sistemul să nu acționeze decît de la un anumit nivel al semnalului și să se profite astfel de avantajul întregii amplificări la semnale slabe.

Cum se obține „întîrzierea"?

O metodă constă în polarizarea detectorului sistemului de control automat față de detectorul de semnal prin conectarea extremității inferioare a rezistenței de sarcină la un punct de potențial pozitiv. O configurație de schemă convenabilă este aceea în care rezistența de sarcină se conectează la o priză potențiometrică a rezistenței de negativare din catodul unui tub multiplu dublă diodă-triodă. Atunci detectorul RAA necesită un semnal destul de mare pentru a se depăși tensiunea de întîrziere, înainte de a începe să intre în funcțiune. În mod asemănător se poate aplica o tensiune pozitivă în catodul unui detector CAA, de la o priză potențiometrică a tensiunii înalte, obținîndu-se din nou o polarizare care trebuie să fie mai întîi depășită pentru ca sistemul CAA să poată începe să acționeze. Această situație se întîlnește în schemele de televiziune.

Se pot obține întîrzieri diferite pentru diferite etaje cu ajutorul unor rețele de rezistențe, reducîndu-se tensiunea de RAA aplicată primelor etaje.

Ce etaje urmează etajului detector?

În urma detecției directe a unei purtătoare modulate sau a semnalului de frecvență intermediară corespunzător, rezultă un semnal de audiofrecvență. Acesta poate fi aplicat direct unui traductor cum ar fi o cască telefonică; în acest scop unele receptoare cu tranzistoare au prevăzută o bornă de ieșire specială.

Dar puterea disponibilă în acest punct nu este suficientă pentru o audiție normală într-o încăpere și este necesară o amplificare a semnalului de audiofrecvență. Aceasta se poate face cu un singur etaj de putere ca în unele receptoare ieftine cu tuburi sau așa după cum este mai adesea întîlnit, cu un amplificator care cuprinde unul sau mai multe etaje amplificatoare de tensiune înaintea etajului final de putere care alimentează difuzorul.

Cîteva detalii în legătură cu aceste etaje amplificatoare au fost deja date în cap. 3. Rămîne să descriem cîteva circuite de reglaj al tonalității precum și circuitele de putere cu tranzistoare.

Cum se face reglajul tonalității?

Cel mai simplu sistem de reglaj al tonului adesea întîlnit în receptoarele obișnuite de radiodifuziune este utilizarea unui circuit RC care să șunteze ieșirea unui etaj amplificator de joasă frecvență. Acesta poate fi compus dintr-un condensator fix în serie cu o rezistență variabilă. Valorile sînt alese astfel încît să se obțină „trecerea" progresivă a frecvențelor mai înalte, rezultînd o „tăiere" a frecvențelor înalte prin scurtcircuitarea la masă. Cu alte cuvinte atunci cînd frecvența semnalului crește, reactanța condensatorului fix scade rezultînd o scurtcircuitare a semnalului.

Există o metodă de reglaj mai perfecționată?

Există numeroase variante de sisteme de reglaj al tonalității. Multe se bazează pe circuitul denumit Baxandall care permite atît „tăierea" (atenuarea), cît și „ridicarea" frecvențelor înalte și a frecvențelor joase cu posibilități de reglaj separat.

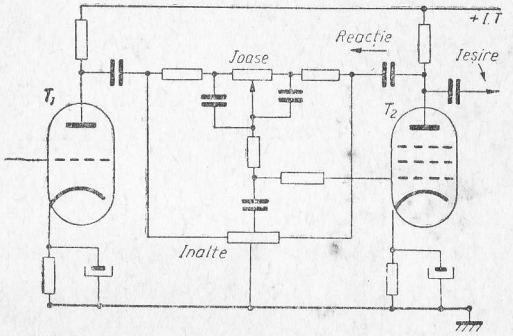


Fig. 50. Un sistem complet de reglaj variabil al tonului bazat pe circuitul Baxandall. Rețeaua de reglaj al tonului formează o buclă de reacție negativă între ieșirea și intrarea celui de al doilea tub.

În fig. 50 se dă o schemă în care se folosește reacția negativă pentru a modifica atît amplificarea componentelor de frecvență joasă cît și a componentelor de frecvență înaltă, valorile componentelor fiind astfel alese încît cu ambele reglaje în poziție mijlocie să se obțină o caracteristică de răspuns aproximativ plată într-o bandă mare de frecvențe.

Ce se înțelege prin reacție negativă?

Reacția negativă constă în trimiterea la intrarea unui amplificator a unei „părți" din tensiunea de ieșire în opoziție de fază cu semnalul de intrare. Reacția negativă

reduce amplificarea, dar conduce totodată la o reducere importantă a distorsiunilor și la îmbunătățire a răspunsului în frecvență al amplificatorului. Ea modifică deasemeni impedanța de ieșire a amplificatorului.

Schemele de audiofrecvență cu tranzistoare sînt asemănătoare?

Cu excepția unor evidente diferențe în ceea ce privește valorile componentelor, principiile circuitelor de reglaj al tonalității se aplică de asemeni și receptoarelor și amplificatoarelor cu tranzistoare. Totuși etajele finale diferă destul de mult ca schemă.

finale cu tranzistoare?
Care sînt condițiile de lucru specifice pentru etajele

Sarcina unui etaj final este de a alimenta cu energie difuzorul. El este deci un amplificator de putere, mai degrabă decît un amplificator de tensiune de tipul celor descrise mai înainte. Din cauza condițiilor de lucru și a necesității de a economisi bateriile, ceea ce se impune în general receptoarelor cu tranzistoare, au fost imaginate scheme speciale care au un randament maxim la un consum de putere minim. Schemele utilizate pot lucra în:

— clasa A cu un tranzistor;

— clasă AB sau B în contratimp cu transformatoare de ieșire și de intrare;

— în contratimp fără transformator de ieșire;

— în contratimp cu tranzistoare complementare și fără transformatoare. Schemele sînt date în fig. 51. Primele două sînt asemănătoare schemelor cu tuburi discutate mai înainte, dar diferă în ceea ce privește alegerea valorilor componentelor pentru a menține distorsiunile la un nivel minim și a se păstra un punct de funcționare corect al tranzistoarelor.

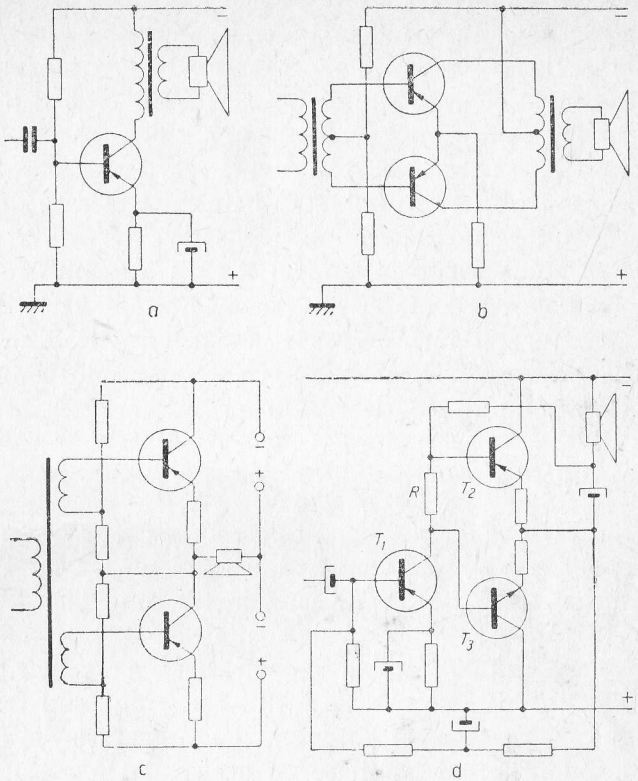


Fig. 51. Etaje finale ale receptoarelor tranzistorizate:
a — etaj simplu clasa A; *b* — etaj în contratimp clasă B sau AB cu transformatoare de intrare și de ieșire; *c* — etaj final în contratimp fără transformator de ieșire cu transformator defazor de intrare; *d* — etaj final în contratimp cu tranzistoare complementare (T_2, T_3) și etaj defazor fără transformator (schema nu necesită nici un transformator).

Care este schema în contratimp fără transformator de ieșire?

Schema nu conține transformator de ieșire utilizînd direct difuzorul drept sarcină (de asemenea fiind necesar un difuzor avînd o impedanță mai ridicată). Semnalul de

intrare se aplică în contratimp tranzistoarelor sau cum se arată în fig. 51, *c*. Cele două tranzistoare sînt conectate în serie pentru componenta continuă, dar în paralel pentru componenta alternativă. În schema dată, difuzorul se conectează la o priză mediană a bateriei, dar există și o variantă care utilizează o singură baterie și la care difuzorul se cuplează printr-un condensator electrolitic de blocare la polul pozitiv al sursei. Pentru a stabiliza circuitul de polarizare al bazei față de efectele variațiilor de temperatură și față de variația tensiunii de alimentare, se utilizează uneori termistori sau diode în componența circuitului de polarizare.

Cum funcționează schema cu simetrie complementară?

În fig. 51, *d* se dă o schemă tipică cu simetrie complementară în care T_1 este tranzistorul prefinal, iar T_2 și T_3 sînt tranzistoarele finale. T_2 este de tip pnp, iar T_3 de tip npn. Dacă se aplică semialternanța negativă a semnalului tranzistorului T_2, acesta se polarizează și conduce, iar dacă se aplică semialternanța pozitivă a semnalului tranzistorului T_3 acesta se polarizează și va conduce de asemenea; condițiile sînt similare cu acelea de la etajul în contratimp fără transformator de ieșire, dar fără ca să mai fie necesar ca la intrare să dispunem de două semnale în contratimp. Cînd un tranzistor conduce, celălalt este blocat. Prin urmare întreaga schemă nu conține transformatoare. Caracteristicile perechii de tranzistoare finale *pnp* și *npn* trebuie să fie corespunzătoare, de aici numele schemei cu „simetrie complementară". Înlocuind rezistența R cu un tip special de diodă, se obține stabilizarea etajului față de efectele scăderii tensiunii bateriilor (care dacă scade sub o anumită valoare poate cauza creșterea nepermisă a distorsiunilor). Se observă că se aplică

o reacție negativă globală în curent continuu de la ieșire în baza tranzistorului T_1, ceea ce stabilizează punctele de funcționare.

De ce aceste circuite se utilizează așa de des?

Funcționarea în clasă B discutată mai sus și descrisă mai în amănunt în cap. 3, este avantajoasă față de clasă A. Ea necesită un consum mic de energie de la sursa de alimentare cînd semnalul de intrare este slab (sau lipsește) și lucrează cu un randament ridicat atunci cînd semnalul de intrare este mare. Randamente de 75% sînt deseori întîlnite. Datorită acestui randament electric ridicat și a unui consum mic de curent, aceste scheme în contratimp în clasă B sînt foarte convenabile în receptoarele radio portative, unde mărirea duratei de servici a bateriilor constituie un factor important în exploatare.

6 Principiile televiziunii

r.tv. r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Ce este televiziunea?

Televiziunea este o metodă de a capta imagini vizuale şi a le converti în semnale electrice, a le transmite la distanţă şi a le converti apoi din nou în reprezentări vizuale. Există un mare număr de sisteme cu eficienţe diferite care pot îndeplini această funcţiune, dar sistemul pe care îl vom considera aici este cel utilizat curent în serviciile de radioteleviziune.

Cum sînt captate imaginile?

Imaginile sînt captate de o cameră sensibilă la lumină, prevăzută cu lentile şi sisteme de focalizare, dar avînd un tub electronic sensibil la lumină în locul peliculei fotografice. Imaginile, care pot fi privite ca variaţii ale luminozităţii punctelor din interiorul suprafeţei „vizate" de sistemul optic, activează tubul videocaptor, care produce semnale electrice la ieşire.

Ce este un tub videocaptor?

În exploatare există mai multe tipuri diferite de tuburi videocaptare, unele avînd principii de funcţionare total diferite de cel arătat în fig. 52, dar avînd toate comună posibilitatea de a explora imaginea ce trebuie transmisă cu ajutorul unui fascicul de electroni, care activează sistemul fotoelectric proporţional cu intensitatea luminii.

Cum lucrează tubul videocaptor?

Lentilele (fig. 52) focalizează imaginea ce trebuie televizată pe fotocatodul *A* sensibil la lumină. Sub influenţa luminii corespunzătoare „imaginii", fotocatodul emite elec-

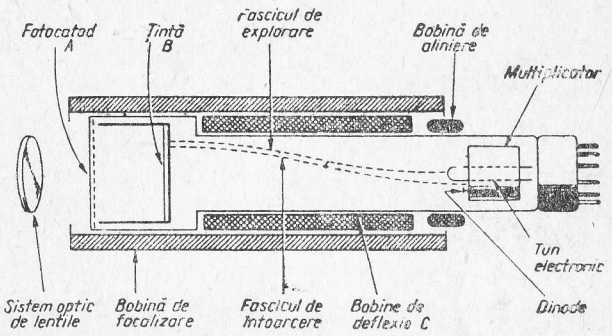


Fig. 52. Tub videocaptor de tip orticon.

troni, curentul fotoelectric emis de fiecare punct al fotocatodului fiind proporţional cu iluminarea punctului respectiv. Electronii sînt atraşi de ţinta *B*. În acest mod pe ţintă apare o imagine electronică a scenei vizate, care se modifică în timp ca şi scena originală. La celălalt capăt al tubului, un tub electronic emite un fascicul de electroni care explorează ţinta într-o manieră analoagă aceleia în care ochii explorează pagina unei cărţi într-o serie de linii orizontale. Pentru aceasta se explorează fiecare porţiune a imaginii electronice pe rînd. O fracţiune din electronii fasciculului incident se întorc, restul rămînînd pe ţintă pentru a neutraliza sarcina electrică locală ce apare aici datorită fotoelectronilor. Fasciculul invers este modulat deci în amplitudine, diferenţa între intensitatea lui şi întreaga intensitate a fasciculului direct reprezentînd ceea ce se numeşte semnalul de imagine. Fasciculul invers este amplificat de un multiplicator electronic pentru a i se

mări intensitatea înainte de a fi „extras" din tubul videocaptor. În acest fel, tubul produce o serie secvențială de semnale electrice avînd valorile proporționale cu strălucirea diferitelor puncte ale scenei originale.

Bobinele de deflexie *C* determină modul în care fasciculul de explorare baleiază suprafața țintei.

Cum lucrează multiplicatorul?

Fasciculul invers este prea slab pentru a fi folosit direct ca semnal, astfel încît este necesară introducerea unui multiplicator electronic pentru a se obține un semnal de ieșire convenabil ca mărime. Electronii fasciculului invers intră în multiplicator și bombardează mai întîi un număr de electrozi de o formă specială, denumiți dinode. Acestea sînt acoperite cu un material care emite ușor un număr mare de electroni atunci cînd este bombardat cu un fascicul de electroni (cesiul cu un adaus de argint). Această emisiune este denumită emisiune secundară. Electronii secundari vor bombarda la rîndul lor următorul dinod și intensitatea fasciculului va crește deoarece la fiecare dinod ce urmează este aplicată o tensiune de accelerare continuă din ce în ce mai mare. Obținem la ieșire la bornele unei rezistențe un semnal ce poate fi utilizate, sub forma unei tensiunei variabile corespunzătoare „elementelor" de imagine care au fost explorate.

Ce este un element de imagine?

Fasciculul de electroni care cade pe suprafața țintei în tubul videocaptor poate fi considerat practic punctiform, formînd ceea ce se numește spot. El baleiază (în sistemul descris) dintr-o parte în alta și totodată de sus în jos toată suprafața țintei. Deci, spotul trasează un număr de

linii aproximativ orizontale la intervale egale. Deoarece raportul de aspect al imaginii conform normelor este de 4 : 3 (lățime față de înălțime), numărul de elemente pe fiecare linie poate fi determinat înmulțind numărul de linii cu raportul de aspect. Așa după cum vom vedea mai tîrziu, sistemul cu 625 linii utilizează doar 575 linii active pentru transmiterea imaginii, celelalte 50 linii rămase fiind suprimate pe durata transmisiei impulsurilor de sincronizare. Deci se poate considera că există $575 \times 4/3 \approx 767$ elemente de imagine pe linie.

Ce se înțelege prin explorare?

Fasciculul de electroni se mișcă după cum am arătat descriind o serie de linii. În norma de televiziune cu 625 linii, fiecare linie este explorată în 64 μsec. Din acest interval de timp 11 μsec sînt necesare pentru ca să se permită spotului să se întoarcă de la sfîrșitul unei linii la începutul următoarei linii, adică pentru cursa inversă, precum și pentru transmiterea impulsurilor de sincronizare. Imaginea completă este compusă de fapt din două semicadre (cîmpuri) a cîte 312 1/2 linii întrețesute, repetate de 25 ori pe secundă (50 semicadre pe secundă).

Ce este explorarea întrețesută?

Cele două semicadre sînt aranjate astfel încît liniile fiecăruia să se „așeze" exact între liniile celuilalt așa după cum se arată în fig. 53 unde pentru claritate s-au desenat doar un mic număr de linii.

Studiul acestei diagrame arată de asemeni liniile de întoarcere pentru ambele semicadre care trebuiesc să fie suprimate la recepție. Păstrarea unei bune întrețeseri este importantă la recepție și în acest scop s-au imaginat cîteva circuite adecvate.

Deci de 50 ori pe secundă se transmite cîte o informație asupra întregii imagini prin intermediul unui semicadru. Utilizînd două semicadre întrețesute se evită astfel pîlpîirea imaginii, care altminteri ar apărea dacă s-ar

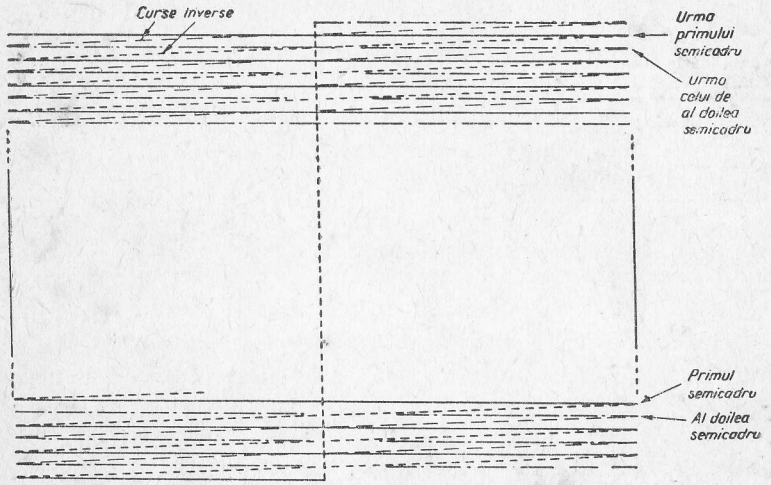


Fig. 53. Principiul explorării întrețesute.

transmite imaginea completă într-un singur cadru de 25 ori pe secundă (avînd același număr de linii transmise pe secundă).

Ce este rastrul?

Totalitatea liniilor constînd din cele două semicadre a cîte 312 1/2 linii fiecare este descrisă de fasciculul electronic în mișcare. Persistența văzului precum și o anumită valoare a postluminiscenței tubului cinescop crează senzația unei imagini complete pe ecranul tubului cinescop în orice moment, deși există de fapt numai un singur spot de lumină care descrie imaginea. Imaginea completă descrisă de spot se numește rastru (totalitatea liniilor).

Ce se înțelege prin sincronizare?

Pentru a se recepționa semnalul de televiziune așa cum se transmite, linie cu linie, circuitele receptorului trebuiesc declanșate astfel încît fiecare linie și fiecare cadru să înceapă cu precizie la momente bine determinate la emisie; de asemeni este necesar ca timpul de explorare să fie exact același, astfel încît orice element al imaginii ce este transmis să apară în poziția corectă corespunzătoare pe ecranul tubului cinescop. Pentru o temporizare foarte exactă este necesar ca la emisie să se transmită și niște impulsuri suplimentare, dreptunghiulare, care să fie separate la recepție pentru a fi folosite în declanșarea circuitelor de baleiaj (acestea comandă deplasarea fasciculului de electroni în tubul cinescop al receptorului.

Forma de undă a semnalului video complex (acesta constă din semnalul video propriu-zis plus impulsurile de sincronizare menționate mai sus) cu indicarea poziției

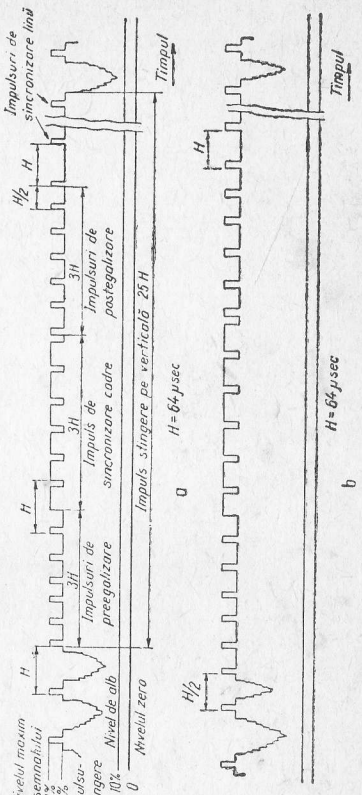


Fig. 54. Caracteristicile formei de undă ale semnalului video-complex în norma de televiziune cu 625 linii (OIRT):
a — pentru cîmpuri pare;
b — pentru cîmpuri impare.

acestor impulsuri și a duratei lor este dată în fig. 54. Se observă că impulsurile de sincronizare sînt mai mari decît nivelul de semnal corespunzător negrului și deci nu pot apare pe imagine.

Ce tip de modulație se utilizează?

Semnalul modulator constă în tensiunea variabilă ce provine de la ieșirea tubului videocaptor (semnalul video propriu-zis) la care se adaugă impulsurile de sincronizare, formîndu-se semnalul video complex. După o amplificare convenabilă, acesta modulează în amplitudine o undă purtătoare de înaltă frecvență, situată în gama undelor ultrascurte. Nivelul de referință utilizat pentru negru este de 70% din valoarea maximă (corespunzînd unui grad de modulație de 70%), nivelul, respectiv gradul de modulație de 100% fiind rezervat impulsurilor de sincronizare. Albul corespunde unui nivel de cca. 10%, sistemul de modulație fiind denumit cu modulație „negativă" spre deosebire de alte sisteme, care diferă și în ceea ce privește numărul de linii transmise pentru imagine, respectiv numărul de cadre transmise pe secundă, etc.

Care este importanța lărgimii de bandă?

Sistemul descris mai sus utilizează o lărgime de bandă totală de 8 MHz pe canal. Aceasta permite ca și canalul de sunet care se transmite cu modulație de frecvență să fie transmis împreună cu canalul de imagine propriu-zis; purtătoarea de sunet este cu 6,5 MHz mai sus decît purtătoarea de imagine.

Lărgimea de bandă necesară pentru a transmite o imagine de televiziune și care permite obținerea unei definiții corecte atît pe orizontală, cît și pe verticală este determinată de numărul de linii, de frecvența cadrelor, de raport

de aspect și de tipul de modulație utilizat. Pentru a putea distinge cel mai fin detaliu posibil, cel mai nefavorabil caz fiind atunci cînd elementele de imagine albe alternează succesiv cu cele negre, este necesară o lărgime de bandă de cca 6,5 MHz a semnalului de videofrecvență. O rezoluție mai fină este limitată de dimensiunea spotului de electroni față de distanța dintre linii, etc. Dacă avem un număr mai mare de linii, lărgimea de bandă crește.

Ce este transmisiunea cu rest de bandă laterală?

Admițînd o lărgime de bandă a semnalului video modulator de 6,5 MHz precum și „spații" pentru o separare adecvată a canalelor adiacente și a canalelor de sunet asociate, nu am putea utiliza decît cîteva canale cu modulație de amplitudine cu ambele benzi laterale în benzile de frecvențe alocate televiziunii (Banda I 48,5—66 MHz, Banda II 76—100 MHz, Banda III 174—230 MHz). O metodă de a utiliza eficient benzile alocate este suprimarea unei benzi laterale (deoarece ambele benzi laterale conțin aceeași informație, numai una este absolut necesară transmisiunii); în standardul de mai sus se suprimă banda laterală inferioară. Atunci se obține o transmisiune denumită cu rest de bandă laterală sau cu bandă laterală reziduală. Termenul „rest de bandă laterală" este utilizat pentru că de fapt în practică nu poate fi suprimată o întreagă bandă laterală, transmițîndu-se complet doar cealaltă bandă laterală. Atunci se transmite și un „rest" de cca 1,25 MHz al benzii laterale inferioare ce ar trebui să fie integral suprimată, rest situat lîngă purtătoarea de imagine.

Alegerea valorii frecvenței purtătoare este determinată în parte de necesitatea ca purtătoarea să fie de cel puțin 5—6 ori mai mare decît valoarea maximă a frecvenței

purtătoare. În acest fel Banda I are două canale, Banda II — trei canale, iar Banda III — șapte canale. Unele canale pot fi folosite de mai multe stații amplasate suficient de departe între ele, astfel ca în punctul de recepție semnalele lor să nu interfereze reciproc.

Ce frecvențe se utilizează?

Benzile I și II se întind de la 48,5 MHz la 66 MHz, respectiv de la 76 MHz la 100 MHz. Cele 5 canale sînt distribuite ca în fig. 55. Aici purtătoarea de imagine este notată cu I, iar purtătoarea de sunet cu S.

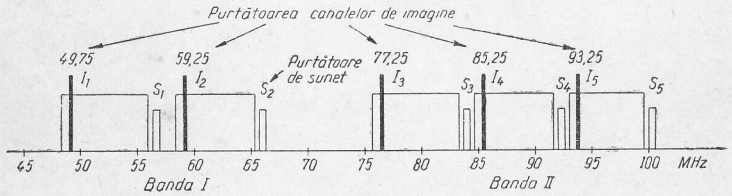


Fig. 55. Alocarea canalelor în benzile I și II utilizînd transmisiunea cu bandă laterală reziduală.

Banda III cuprinde canalele 6—12, cea mai joasă frecvență purtătoare fiind purtătoarea de imagine a canalului 6 (175,25 MHz), iar cea mai înaltă frecvență purtătoare din bandă fiind purtătoarea de sunet a canalului 12(229,75 MHz).

Banda IV acoperă 470—582 MHz, iar Banda V 582—960 MHz.

Frecvențele utilizate pentru televiziunea în culori sînt aceleași?

Transmisia semnalelor de televiziune în culori se face în aceleași canale ca și cele de televiziune alb-negru, iar lărgimea de bandă este aceeași. În practică se poate ob-

ține o imagine acceptabilă alb-negru (monocromă) chiar și cu un receptor avînd o lărgime de bandă ceva mai mică sau cu un semnal captat de antenă împreună cu semnale datorate unor reflexii multiple, ce ajung la antenă defazate față de semnalul principal, cauzînd „dubluri" și imagini multiple; în schimb pentru recepția televiziunii în culori un asemenea semnal ar fi pur și simplu inutilizabil.

Nu este necesară o lărgime de bandă mai mare?

Nu. Deși pare ciudat, semnalele de televiziune în culori, cu toate că conțin o cantitate mai mare de informație, nu necesită acoperirea unei lărgimi de bandă mai mari. De exemplu o recepție monocromă bună pentru sistemul cu 625 linii cu rest de bandă laterală necesită o bandă totală de 8 MHz. Deoarece ochiul nu este sensibil la detaliile fine colorate, dar este mai sensibil la variațiile de intensitate luminoasă, se poate aloca o lărgime de bandă de aproximativ ± 1 MHz pentru informația de culoare.

Se poate introduce informația de culoare în această bandă limitată?

Unele sisteme de televiziune în culori utilizează două semnale denumite „diferență de culoare" transmise prin modulație de amplitudine în cuadratură cu subpurtătoare suprimată. Valoarea frecvenței subpurtătoarei de culoare se ia egală cu un multiplu impar al jumătății frecvenței de explorare linii astfel încît semnalele de culoare vor fi „țesute" printre componentele informației alb-negru corespunzătoare semnalului de strălucire. Lărgimea de bandă rămîne tot 8 MHz. Frecvența subpurtătoarei este aproximativ 4,43 MHz.

7 Receptorul de televiziune

r.tv r.tv. r.tv. r.tv. r.tv.

Cum este construit un receptor de televiziune?

Ca și într-un receptor radio, în receptorul de televiziune se efectuează selectarea semnalului captat de antenă, apoi amplificarea, demodularea și în fine aplicarea semnalului demodulat dispozitivului de ieșire, în acest caz unui dispozitiv de afișare al imaginii, respectiv tubului catodic (cinescopul).

Semnalul de radiofrecvență corespunzător sunetului asociat, care se transmite cu modulație de frecvență pe o altă purtătoare, urmează aceeași cale ca și cel de imagine și apare la ieșirea detectorului video în urma mixării celor două purtătoare, de imagine și de sunet, sub forma unei „noi" purtătoare modulate în frecvență avînd frecvența de 6,5 MHz (diferența între purtătoarea de sunet și cea de imagine). Aceasta este în continuare selectată, amplificată, limitată și demodulată într-un lanț separat, iar semnalul de audiofrecvență condus la amplificatorul de audiofrecvență și apoi la difuzor, întocmai ca într-un receptor radio cu modulație de frecvență.

Pentru a se asigura „afișarea" semnalului recepționat în concordanță cu impulsurile transmise, există etaje speciale de baleiaj, care generează formele de undă necesare comandei deplasării spotului pe ecranul tubului cinescop; semnalele de sincronizare trebuiesc separate de semnalul video propriu-zis (informația de imagine) și utili-

zate apoi pentru a declanșa (sau controla) etajele de baleiaj în concordanță cu desfășurarea de la tubul videocaptor.

Tensiunile înalte necesare pentru funcționarea tubului cinescop se obțin cu ajutorul etajului final de baleiaj linii printr-o metodă specifică care va fi descrisă mai tîrziu.

Fig. 56 reprezintă schema bloc a unui receptor convențional de televiziune denumit cu „cale comună". Fiecare bloc reprezintă unul (sau mai multe) etaje ale receptorului realizate cu cîte un tub, cu o parte dintr-un tub multiplu, cu un tranzistor sau cu un circuit integrat; drumul semnalului este indicat cu săgeți în schemă. Receptorul este de tip superheterodină, receptoarele de televiziune cu amplificare directă nefiind utilizate.

Ce tipuri de schimbătoare de canale se utilizează?

Blocul denumit schimbător de canale (selectorul de canale) delimitat în fig. 56 prin linie punctată, deoarece constituie de obicei un subansamblu separat, cuprinde amplificatorul de radiofrecvență și schimbătorul de frecvență împreună cu oscilatorul local respectiv. Pentru a menține un raport semnal/zgomot bun se utilizează adeseori un amplificator de radiofrecvență de tip cascodă (o schemă cu două tuburi triode conectate în serie la sursa de alimentare). Principalele tipuri de schimbătoare de canale pentru recepția în benzile I—III sînt:

— cu tambur și galeți comutatori;

— cu tambur rotativ (rotactor) și

— cu acord continuu. Aceste tipuri diferă după modul în care se realizează acordul sau comutarea circuitelor acordate.

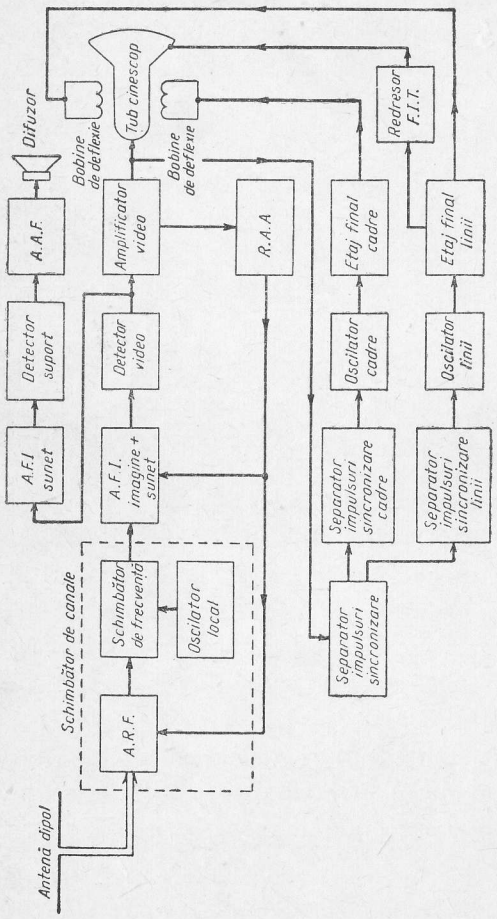


Fig. 56. Schema bloc a unui receptor de televiziune cu cale comună de sunet și imagine.

Care sînt principalele caracteristici ale schimbătorului de canale cu galeți comutatori („incremental")?

Mai multe bobine conectate în serie sînt montate pe galeții comutatorului schimbătorului de canale de așa manieră încît selecția canalelor se face prin comutarea progresivă a bobinelor. Aceasta face ca acordul canalelor să fie interdependent și trebuiesc luate măsuri speciale de precauție în timpul alinierii. Există totuși anumite avantaje atît în ceea ce privește reducerea capacităților parazite cît și a prețului de cost redus.

Ce este rotactorul?

În acest caz bobinele pentru fiecare canal sînt montate separat pe plăcuțe de material izolant prevăzute cu contacte. Selecția se face prin rotirea ansamblului de bobine montat pe un ax principal, asigurîndu-se conectarea succesivă în circuit a bobinelor separate prevăzute pentru fiecare canal. Aceasta permite o mai mare flexibilitate, dar provoacă complicații mecanice mai mari. Pentru a preîntîmpina aceste dificultăți, au fost elaborate mai multe metode. Unele rotactoare întrebuințează plăcuțe complet separate pentru secțiunile amplificatorului de radiofrecvență, unele utilizează cîte o singură plăcuță comună, altele au plăcuțe de circuit imprimat prevăzute cu contacte de tip cuțit; o versiune interesantă folosește un disc ceramic, bobinele fiind montate radial pe una din fețele lui. Toate aceste tipuri se bazează pe utilizarea unor contacte elastice fixe care sînt „șterse" de contactele plate mobile la care sînt conectate bobinele. Rotactorul este cel mai des întîlnit.

Cum funcționează selectorul de canale cu acord continuu?

Datorită gamei largi de frecvențe care trebuie acoperită nu este posibil să se realizeze un selector cu acord continuu variabil pentru toate canalele prin modificarea doar a unei capacități sau a unei inductanțe, adică modificînd în fond raportul L/C. Dar acest lucru se poate realiza cu succes pe o bandă de frecvențe ceva mai restrînsă (canalele 1—5 sau canalele 6—12). De exemplu, la un tip foarte răspîndit, prin apăsarea unor butoane se comută cîte o bobină pentru fiecare bandă, iar alegerea canalului dorit se face rotind un buton de acord care acționează cu miez mobil în interiorul fiecărei bobine din setul de bobine corespunzător benzii respective în care se face acordul continuu. Miezul poate fi confecționat din ferită sau din alamă, inductanța mărindu-se sau micșorîndu-se odată cu introducerea miezului.

Într-o variantă modernă, acordul continuu se realizează cu ajutorul unor diode semiconductoare cu capacitate variabilă (diode varicap) conectate în paralel pe fiecare circuit supus acordului; capacitatea diodelor variază odată cu modificarea tensiunii de polarizare în curent continuu a diodelor cu ajutorul unui simplu potențiometru de acord.

Cum se efectuează acordul fin?

În blocurile schimbătoare de canale perfecționate, alunecarea de frecvență a fost redusă cu destul succes și simplul acord prin apăsarea unui buton este suficient de exact în majoritatea cazurilor. Dar tipurile mai vechi aveau prevăzut întotdeauna și un buton de acord manual fin pentru a obține acordul exact cu sunetul și imaginea optimă. Unele din metode erau extrem de simple; o camă din material izolator (dielectric) montată pe axul principal

modifica prin rotire capacitatea unei componente de circuit formată dintr-o mică placă metalică și o porțiune a șasiului. Un alt sistem avea un mecanism prin care miezurile bobinelor de acord puteau fi deplasate în limite mici; în unele montaje se utiliza un tip de condensator de „proximitate" acționat de o camă montată pe axul principal. Din punct de vedere electric, variația acestei capacități modifica doar acordul bobinei oscilatorului local.

Cu ce se deosebește un selector de canale pentru gama de frecvențe ultra înalte (benzile IV și V de televiziune)?

Deoarece valorile necesare pentru inductanțe și capacități în circuitele de acord sînt foarte mici la frecvența de lucru foarte înaltă, corespunzătoare benzilor IV și V, nu pot fi utilizate metode de acord convenționale. Capacitățile și inductanțele parazite ar face ca acordul să fie incorect sau chiar imposibil de realizat; de aceea se utilizează în locul circuitelor cu constante concentrate linii rezonante.

Liniile coaxiale constînd dintr-un fir rigid nu prea lung, ecranat de jur împrejur sau chiar ghidurile de unde rezonează în domeniul frecvențelor ultra înalte și pot înlocui cu succes bobinele convenționale. Mici capacități conectate pot modifica domeniul de acord. Se utilizează tuburi triode speciale cu capacități și inductanțe parazite reduse funcționînd în montaj cu grila la masă, iar schimbătorul de frecvență utilizat este în general de tipul autoconvertor, realizat cu triodă. Tubul are dublul rol de oscilator local și de schimbător de frecvență (mixer).

Pot fi tranzistoarele utilizate în acest scop?

Au fost fabricate și comercializate deja receptoare de televiziune complet tranzistorizate. Au fost depășite difi-

cultăţile de început legate de obţinerea unor tranzistoare care să lucreze stabil la frecvenţe înalte sau care să fie capabile să funcţioneze în etajele finale de videofrecvenţă şi de baleiaj.

Care sînt limitările aparatelor cu tranzistoare?

Teoretic, aceste limitări nu sînt mai multe decît acelea ale aparatelor cu tuburi. Dar, deoarece principalul avantaj al aparatelor tranzistorizate este portabilitatea, trebuie să reconsiderăm problema sursei de alimentare. Puterea de alimentare necesară, chiar pentru receptoarele de televiziune cu tuburi cinescop de dimensiuni mici, care se bucură în prezent de o largă popularitate, limitează viaţa bateriilor. Se aduc necontenit noi îmbunătăţiri şi o soluţie a acestei probleme o constituie receptorul alimentat de un mic acumulator care poate fi reîncărcat de mai multe ori.

Cîte etaje de frecvenţă intermediară sînt necesare?

Datorită lărgimii de bandă mari şi a necesităţii de a obţine o curbă de răspuns de o formă specială, despre care s-a discutat deja, etajele de frecvenţă intermediară nu se proiectează pentru a realiza amplificarea maximă, ci pentru a funcţiona corect şi stabil, adică să aibă o bună selectivitate cu amplificare relativ moderată. Prin urmare în receptorul de televiziune convenţional se utilizează două sau mai multe etaje amplificatoare de frecvenţă intermediară (în calea comună). Aceste etaje au circuite cu acord fix ca şi în cazul receptoarelor de radio, dar frecvenţa intermediară este mult mai mare. Frecvenţa intermediară tipică este 38 MHz pentru purtătoarea de imagine şi 31,5 MHz pentru purtătoarea de sunet.

Cum se obţine această lărgime de bandă mare?

Circuitele cuplate ale filtrelor trece-bandă pot fi decalat acordate şi chiar pot fi puternic amortizate cu rezistenţe în unele cazuri. Curba de răspuns necesară pentru recepţia imaginii nu este simetrică, reglîndu-se astfel încît frecvenţa intermediară corespunzătoare de imagine „să cadă" la jumătatea porţiunii scăzătoare a curbei (fig. 57).

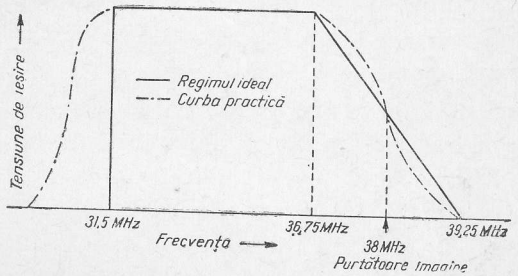


Fig. 57. Caracteristica de răspuns globală a unui receptor de televiziune.

În acest mod este posibil să se recepţioneze corect în toată banda video transmisiunea cu bandă laterală reziduală; dacă nu ar exista porţiunea cu pantă descrescătoare a curbei de răspuns la recepţie, frecvenţele relativ joase cu componentele laterale plasate în jurul purtătoarei, care se transmit de fapt cu dublă bandă laterală, ar avea după demodulare o amplitudine dublă faţă de celelalte frecvenţe care se transmit doar cu o singură bandă laterală. Se obţine o curbă asimetrică la recepţie de tipul celei din fig. 57.

Acesta este motivul pentru care etajele de frecvenţă intermediară nu se acordă niciodată „pe maxim" la frecvenţa purtătoare video. Reglajul acordului se efectuează în conformitate cu instrucţiunile de fabricaţie pentru a se obţine o formă corectă a curbei de răspuns în toată banda

cu ajutorul mai multor circuite decalat acordate. Fără cunoașterea detailată a acestor instrucțiuni, alinierea devine o operație nesigură, rezultatele depinzînd mai degrabă de noroc decît de pricepere.

Cum este extras semnalul de sunet?

Există mai multe metode de a selecta frecvența intermediară de sunet și aproape tot atit de multe scheme particulare cîte modele de receptoare există, totuși se disting două metode de bază.

O primă metodă constă în amplificarea atit a semnalelor de imagine, cît și a celor de sunet într-un etaj amplificator de frecvență intermediară comun, urmînd apoi ca selectarea benzii de frecvențe corespunzătoare canalului de frecvență intermediară de sunet să se facă cu ajutorul unor circuite trece bandă conectate la ieșirea acestui etaj. Lărgimea de bandă a canalului de sunet fiind relativ îngustă (300—400 KHz), nu apare problema realizării unei forme speciale a curbei de răspuns, circuitele acordîndu-se pe frecvența centrală. Apoi cele două semnale de frecvență intermediară de sunet și imagine sînt amplificate fiecare de căi separate de amplificare și detectate separat. Acest tip de schemă bloc se numește „cu căi separate de sunet și imagine", deși există totuși un etaj de amplificare comun.

O altă metodă este cea a cărei schemă bloc a fost dată în fig. 56 și care se numește „cu cale comună". Aici este esențial că, după ce în prealabil s-au amplificat ambele semnale de frecvență intermediară de sunet și imagine, în detectorul viedeo (sau uneori într-un detector special separat) are loc de fapt o a doua schimbare de frecvență în care rolul purtătoarei oscilatorului local îl joacă chiar purtătoarea de imagine. Canalul de frecvență intermediară de sunet care urmează este acordat pe frecvența diferență a celor două purtătoare de sunet și imagine, care constituie a doua frecvență intermediară de sunet (6,5 MHz).

Ce sînt circuitele de rejecție a sunetului?

Este foarte important ca semnalele de frecvență intermediară sunet să nu fie prezente în amplificatorul de videofrecvență, mai exact să nu se aplice tubului cinescop. Ele pot apărea sub forma unei oscilații de 6,5 MHz modulată în frecvență. În acest caz, rezultatul este o „rupere" binecunoscută a imaginii în ritmul sunetului, cunoscută sub numele de „sunet în imagine". Pentru a elimina acest efect, în amplificatorul de frecvență intermediară se utilizează niște circuite acordate de rejecție conectate la circuitele de frecvență intermediară de imagine sau cuplate inductiv cu acestea; aceste circuite absorb energie la frecvența intermediară a sunetului și provoacă o atenuare. În televizoarele cu căi separate de sunet și imagine este de asemeni important ca curba de răspuns a lanțului de amplificare de frecvență intermediară a imaginii să aibă o formă corectă, astfel încît filtrele trece bandă să nu permită trecerea semnalelor de frecvență intermediară sunet. În televizoarele cu cale comună, frecvența intermediară sunet ajunge la detectorul video doar parțial atenuată, dar este rejectată suplimentar după detectorul video în etajele amplificatoare de videofrecvență, unde ar putea apare ca un semnal pe cea de a doua frecvență intermediară sunet (6,5 MHz). Atenuarea primei frecvențe intermediare sunet este compensată de amplificarea celei de a doua frecvențe intermediare sunet în lanțul de 6,5 MHz, înaintea discriminatorului de sunet.

Ce este televizorul cu cale comună?

Schema se poate utiliza doar în normele de televiziune în care sunetul se transmite cu ajutorul unei purtătoare modulate în frecvență. Ambele semnale de frecvență intermediară se amplifică împreună pînă la detectorul video (cîteodată și mai departe). Deoarece acesta din urmă este un dispozitiv neliniar (fig. 47), în afară de detecția semnalului modulat în amplitudine al frecvenței intermediare de imagine efectuată în mod obișnuit, el funcționează și ca un schimbător de frecvență pentru cele două purtătoare, de sunet și de imagine, obținîndu-se frecvența diferență de 6,5 MHz, a doua frecvență intermediară sunet, modulată în frecvență cu semnalul de audiofrecvență și în amplitudine cu componente ale semnalului de imagine.

Modulația de amplitudine se elimină prin limitare în canalul frecvenței intermediare sunet de 6,5 MHz fără a se afecta modulația de frecvență utilă. Acest semnal este amplificat în canalul frecvenței intermediare sunet de 6,5 MHz, demodulat de un etaj convențional de demodulare a oscilațiilor MF, de obicei de un detector de raport și în fine amplificat în lanțul de audiofrecvență spre a fi trimis la difuzor.

Circuitele acordate utilizate în amplificatorul de frecvență intermediară de cale comună sînt proiectate pentru o bandă ceva mai largă, de cca 8 MHz, permițînd trecerea atît a semnalului MF sunet cît și a semnalului MA cu bandă laterală reziduală de imagine.

Ce tip de amplificator se utilizează ca etaj final de videofrecvență?

Etajul final de videofrecvență trebuie să poată lucra cu semnale destul de mari ca să atace tubul cinescop cu o tensiune suficient de mare; în plus el trebuie să amplifice impulsurile de sincronizare fără să le distorsioneze. O complicație suplimentară apare deoarece domeniul de frecvențe în care etajul trebuie să lucreze se întinde de la zero Hz (curent continuu) pînă la circa 6 MHz. Este important ca redarea tuturor frecvențelor să fie corectă pentru a se obține o imagine bună, fără pete sau plasticitate, fără „dire", oricare din aceste defecte putînd să apară atunci cînd tubul sau unele componente de schemă se deteriorează și provoacă deformații ale caracteristicii de răspuns a amplificatorului de videofrecvență.

În fig. 58 se dă o schemă tipică de detector video și de etaj amplificator de videofrecvență, indicîndu-se valorile componentelor. În circuitul anodic al amplificatorului

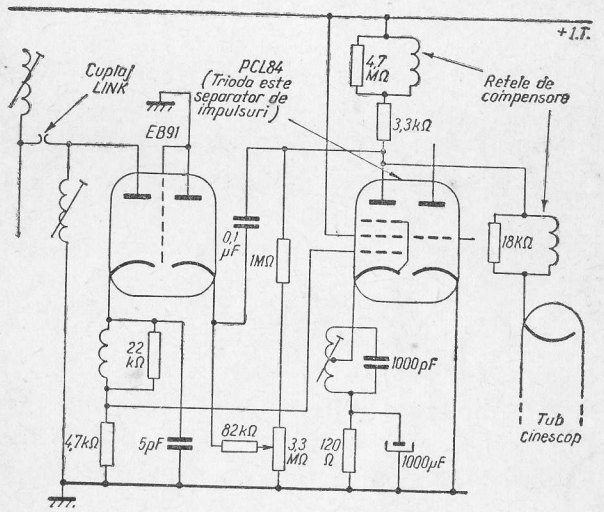


Fig. 58. Schema tipică a părții de videofrecvență a unui receptor de televiziune. Secțiunea pentodă a tubului PCL84 constituie amplificatorul video. Tubul EB91 este detector video și limitator (potențiometrul de 3,3 Mohmi servește la reglajul nivelului de limitare). Această schemă se utilizează în receptoare construite pentru standardul cu 405 linii cu modulație pozitivă.

video este introdusă o rețea de compensare pentru a mări amplificarea componentelor de frecvențe înalte. În lipsa acestei rețele, frecvențele video înalte ar fi atenuate și imaginea ar fi lipsită de detalii fine.

Ce este restabilirea componentei de curent continuu?

Semnalul video are o componentă alternativă și una de curent continuu. Strălucirea medie a imaginii depinde de componenta continuă în timp ce „finețea" detaliilor reproduse depinde de componentele de frecvențe înalte, așa după cum am văzut în discuția anterioară despre elementele de imagine. Dacă există un cuplaj prin condensator (în curent alternativ) între detectorul video și amplificatorul de video-frecvență sau între acesta din urmă și tubul cinescop, atunci trebuie să se utilizeze o metodă oarecare pentru a restabili proporția corectă a componentei de curent continuu a semnalului (deoarece aceasta nu trece prin condensator) și a se reda astfel strălucirea medie a imaginii. Adeseori restabilirea se poate obține alegînd de așa manieră polaritatea semnalului video încît grila și catodul unui tub să joace rolul unei diode, obținîndu-se astfel o negativare automată prin curenți de grilă, semnalul „axîndu-se" la nivelul impulsurilor de sincronizare.

Care este diferența între un etaj video din receptoarele lucrînd în norma de televiziune cu 625 linii și un etaj video lucrînd în norma de televiziune cu 450 linii?

Deoarece norma cu 405 linii utilizează modulația pozitivă, iar norma cu 625 linii modulația negativă, etajul amplificator final de videofrecvență trebuie să poată fi comutat corespunzător intr-un receptor destinat ambelor standarde. În caz contrar imaginea apare negativă. O metodă practică este să se proiecteze etajul pentru norma cu 625 linii și la nevoie să se inverseze conexiunile diodei detectoare video ce merg la grila amplificatorului video, inversîndu-se astfel polaritatea semnalului video detectat.

Să observăm că în unele receptoare circuitele rejectoare de sunet pe frecvența de 6,5 MHz se pot monta fie în circuitul de grilă al amplificatorului de videofrecvență, fie în circuitul anodic, sau în circuitul catodic.

Ce este controlul automat al amplificării?

Așa după cum am văzut în capitolele anterioare referitoare la proiectarea receptoarelor de radio, aplicînd o tensiune de negativare proporțională cu intensitatea semnalului pentru a regla automat amplificarea etajelor de frecvență intermediară, se obține un nivel aproape constant al semnalului de ieșire. Pentru semnale de intrare de intensitate redusă, amplificarea globală este maximă și se reduce automat atunci cînd sosesc semnale puternice.

În receptorul de televiziune semnalul video este dependent de strălucire, astfel încît semnalul de imagine detectat (componenta medie video) nu se poate utiliza ca unică sursă pentru obținerea tensiunii de reglaj pentru sistemul RAA. În schimb se poate obține o tensiune de reglaj proporțională cu nivelul de negru cu ajutorul unui circuit poartă, care face ca tensiunea RAA să fie culeasă doar în timpul transmiterii impulsurilor de stingere. Unele sisteme aplică o tensiune CAA combinată: o parte proporțională cu nivelul mediu, o parte proporțională cu nivelul de negru (sau al impulsurilor de sincronizare).

Ce este sistemul de reglaj automat al amplificării comandat de nivelul mediu?

Luînd o tensiune negativă proporțională cu componenta continuă (medie) a semnalului video detectat și aplicînd-o etajelor amplificatoare de frecvență înaltă ca tensiune de negativare, se obține sistemul RAA comandat de nivelul mediu. O asemenea tensiune poate fi culeasă de pe grila etajului separator al impulsurilor de sincronizare. Grila și catodul joacă rolul unei diode și în perioada de timp cînd semnalul devine pozitiv, condensatorul de cuplaj se încarcă prin curenți de grilă. Grila se negativează, iar mărimea sarcinii acumulate depinde de strălucirea medie a imaginii, adică de nivelul mediu al semnalului video. Acest sistem are dezavantajul că valoarea medie a strălucirii se schimbă pe perioade relativ lungi. Un remediu este acționarea reglajului manual al contrastului, dar o metodă mai convenabilă este comanda negativării cu o tensiune care este dependentă numai de amplitudinea semnalului și nu de strălucirea medie. O astfel de metodă este aplicată în sistemul de CAA cu circuit poartă.

Cum funcționează sistemul CAA cu poartă?

Dacă se utilizează ca referință tensiunea corespunzătoare nivelului de negru (sau nivelului impulsurilor de sincronizare) se poate realiza un sistem de RAA „veritabil". Dar această tensiune este accesibilă numai pe durata cîtorva linii și anume a liniilor de întoarcere la sfîrșitul fiecărui semicadru (fig. 54). Deci trebuie găsită o metodă oarecare de a comanda intrarea în acțiune a circuitelor de RAA doar pe durata aceasta relativ scurtă. Pentru aceasta se utilizează un circuit poartă. Au fost imaginate multe scheme diferite. Unele din acestea utilizează nivelul de

negru al semnalului pe durata palierului de linie (fig. 54), corespunzător cursei inverse, iar altele pe perioada cursei inverse de semicadre. În fig. 59 se dă o schemă simplă care ilustrează principiul de bază. Între amplificatorul

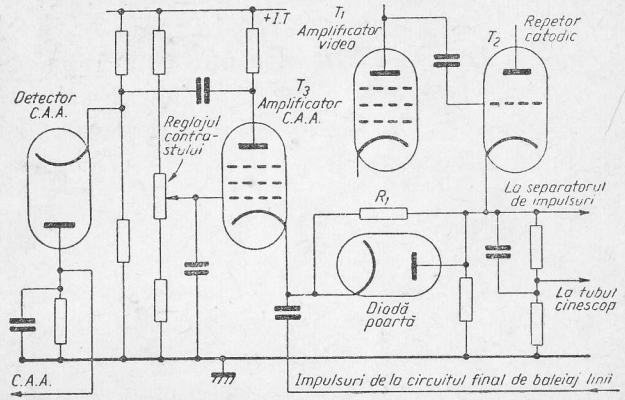


Fig. 59. Schema sistemului RAA cu circuit poartă.

video și tubul cinescop este introdus un etaj repetor pe catod, pentru a preveni modificarea impedanței de sarcină a etajului final video de către circuitul poartă. Rezistența R_1 conduce semnalul de ieșire la amplificatorul RAA, poarta fiind constituită din dioda conectată în paralel cu această rezistență. Deoarece catodul tubului amplificator de RAA este pozitiv față de catodul repetorului catodic în cea mai mare parte a timpului, dioda nu conduce. Totuși, dacă se aplică o tensiune de referință culeasă de la etajul final de baleiaj linii în așa fel încît să apară un impuls negativ pe durata palierului de întoarcere, dioda intră în conducție. Deci, catodul amplificatorului RAA își micșorează tensiunea pe durata palierului de întoarcere, în anod apărînd o serie de impulsuri de polaritate negativă proporționale cu nivelul de negru al sem-

nalului. Acestea sînt redresate, filtrate și aplicate ca o componentă continuă lent variabilă de RAA pentru a negativa etajele amplificatoare. Adeseori se utilizează mai multe tensiuni de RAA aplicate diferitelor etaje cu scopul de a se obține o negativare diferită și a se păstra cel mai bun raport semnal/zgomot.

Sistemul cu circuit poartă nu se poate aplica în receptoarele proiectate pentru a recepționa norme de televiziune diferite datorită complicațiilor introduse de formele de undă diferite existente în cele două norme.

Ce este o diodă clamp?

Dacă tensiunea de CAA ar crește devenind pozitivă, așa după cum se întîmplă la sistemul CAA comandat de valoarea medie a semnalului în absența semnalului, etajele amplificatoare controlate de sistemul CAA ar fi supraîncărcate și ar rezulta efecte nedorite, în special pentru amplificatorul video. De aceea de obicei se conectează o diodă între circuitul de CAA și masă în așa fel încît o tensiune pozitivă care ar putea apare determină intrarea în conducție a diodei, care scurtcircuitează efectiv linia CAA la masă, astfel încît tensiunea CAA nu poate deveni pozitivă.

Cum funcționează etajul separator al impulsurilor de sincronizare?

Așa cum am văzut deja, impulsurile de sincronizare în norma cu 625 linii sînt mai mari decît semnalul video corespunzător nivelului de negru. Impulsurile de sincronizare ocupă în jur de 30% din gama dinamică a semnalului complex, între nivelul de 70% și 100% din valoarea maximă a semnalului. Dacă se aplică semnalul video complex unui etaj care este polarizat în așa fel încît să se

poată bloca la tensiuni negative de intrare suficient de mari și se aranjează astfel ca impulsurile de sincronizare să fie pozitive, tubul va fi tăiat în prezența tensiunii de imagine propriu-zise, dar va conduce imediat ce sosește un impuls de sincronizare ce depășește tensiunea de tăiere a tubului. Deci la ieșire se va obține semnal doar pe durata impulsurilor de sincronizare.

Cum se separă impulsurile de linii și cadre?

Impulsurile de sincronizare de cadre sînt mai lungi ca durată decît cele de linii și deci cele două tipuri de impulsuri pot fi separate prin utilizarea unor filtre temporale corespunzătoare. Astfel de filtre sînt circuitele de integrare și diferențiere, a căror funcționare este ilustrată în fig. 60. Impulsurile de sincronizare cadre pot fi utilizate pentru a încărca condensatorul unui circuit de integrare (fig. 60, *b*), care este dimensionat astfel încît impulsul următor de sincronizare linii să ajungă înainte ca acest condensator să se fi descărcat. Efectul este apariția unui impuls „integrat", care poate fi utilizat pentru declanșarea oscilatorului de baleiaj pe verticală (de cadre).

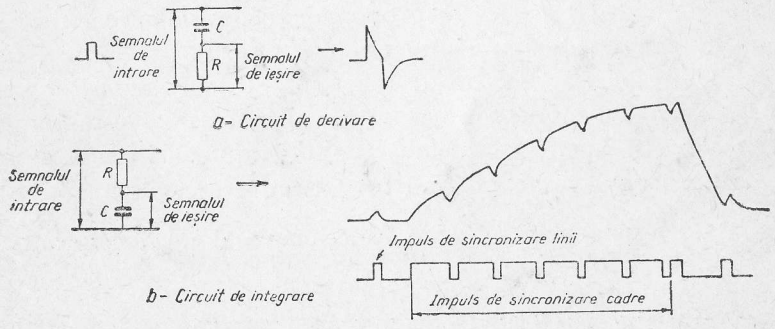


Fig. 60. Circuite de bază de derivare și de integrare.

Oscilatorul de baleiaj pe orizontală (de linii) funcționează pe o frecvență mai mare și necesită pentru sincronizare impulsuri de tensiune ascuțite. Un circuit ca în fig. 60.*a*, conectat între separatorul impulsurilor de sincronizare și oscilatorul de linii formează impulsuri convenabile pentru declanșarea oscilatorului de linii. Impulsurile de sincronizare cadre pot fi obținute fie cu ajutorul unui circuit de integrare, fie cu ajutorul unui circuit de diferențiere; impulsurile de sincronizare linii se obțin întotdeauna cu ajutorul unui circuit de diferențiere. Separarea se face cu ajutorul unor constante de timp diferite. Se observă că circuitul din fig. 60.*a* nu este „sensibil" la impulsurile de sincronizare cadre, care sînt mai lungi.

Ce este sincronizarea cu circuit volant?

De-a-lungul anilor s-au elaborat un număr de circuite complicate pentru a se obține o bună sincronizare de linii, care este esențială pentru o afișare corectă a imaginii de televiziune, în special în condițiile în care semnalul este slab.

O metodă pentru a preveni efectele impulsurilor perturbatoare în cazul unor semnale recepționate slabe este controlul frecvenței oscilatorului de linii cu ajutorul unei tensiuni de sincronizare proporțională cu valoarea medie a numărului de impulsuri de sincronizare sosite. Alte scheme folosesc un tub de reactanță și un comparator de fază cu diode. Metoda cea mai utilizată astăzi este compararea momentelor de apariție ale impulsurilor de sincronizare cu faza tensiunii oscilatorului de baleiaj.

Care este principiul de funcționare al unui generator de bază de timp?

Rastrul este produs de mișcarea controlată a fasciculului de electroni în tubul cinescop. Deplasarea orizontală

este determinată de generatorul de baleiaj pe orizontală (linii), iar deplasarea spotului pe verticală — de către generatorul de baleiaj pe verticală (cadre). Principiul constă în producerea unei forme de undă care să poată fi utilizată pentru a dirija spotul cu o viteză constantă în direcția de deplasare necesară, adică de la stînga la dreapta și de sus în jos; de asemeni trebuie să se permită spotului o revenire rapidă la începutul liniei următoare sau al semicadrului următor.

Forma de undă necesară este produsă de un oscilator convenabil, care este declanșat de impulsurile de sincronizare pentru a-i menține frecvența de repetiție și faza în deplin acord cu semnalele transmise. După o amplificare, această formă de undă se aplică bobinelor de deflexie dispuse în jurul gîtului tubului cinescop. Aceste bobine produc cîmpuri electromagnetice variabile, care efectuează deflexia fasciculului de electroni în direcția dorită.

Ce tipuri de oscilatoare se utilizează?

Există două tipuri principale: multivibratorul și oscilatorul autoblocat. Acestea nu sînt singurele tipuri utilizate, iar schemele prezintă o mare varietate. Frecvența la care lucrează oscilatorul de cadre este 50 Hz, iar frecvența oscilatorului de linii este 15,625 Hz (în norma cu 625 linii). Dacă ne amintim că tensiunea (la deflexia electrostatică), respectiv curentul (la deflexia electromagnetică) necesare deplasării spotului au în principiu o formă de dinți de fierăstrău, oscilatoarele de baleiaj sînt ușor de înțeles.

Ce este un oscilator autoblocat?

Schema conține în esență un transformator cu miez și un tub conectat în așa fel încît reacția pozitivă puternică

din circuitul anodic în cel de grilă să cauzeze încărcarea unui condensator și apoi descărcarea acestuia sub forma unei tensiuni în dinți de fierăstrău (fig. 61.*a*). Valorile

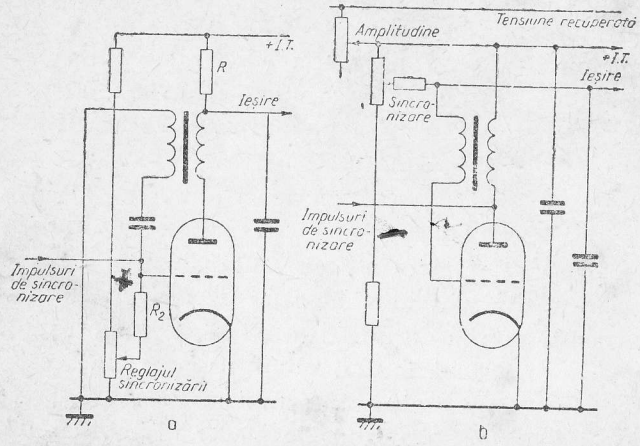


Fig. 61. Două scheme răspîndite de oscilatoare autoblocate:
a — comanda se face prin impulsuri de sincronizare pozitive aplicate pe grilă; *b* — comanda se face prin impulsuri de sincronizare negative aplicate în circuitul anodic.

lui C și R sînt alese astfel încît constanta de timp să fie corespunzătoare frecvențelor care trebuie să fie generate. Condensatorul C se încarcă prin rezistența R atunci cînd tubul este blocat datorită prezenței unei sarcini negative mari pe condensatorul din circuitul de grilă. Această sarcină se descarcă prin rezistența R_2 și prin potențiometrul de reglaj al frecvenței cadrelor cu o astfel de „viteză", încît atunci cînd tensiunea de negativare a tubului devine aproape egală cu tensiunea de tăiere, tensiunea la bornele condensatorului C atinge valoarea maximă corespunzătoare vîrfului dintelui de fierăstrău. Atunci circuitul se află în așteptarea impulsului de sincronizare. Acesta ajunge la grilă, care devine pozitivă. Creșterea rapidă a

curentului prin tub provoacă scăderea tensiunii anodice, iar capacitatea C se va descărca. Oscilația ce apare datorită cuplajului strîns între înfășurările transformatorului este atît de mare încît sarcina de la bornele condensatorului din grilă crește și se ajunge la blocarea tubului după prima semiperioadă a oscilației. Această sarcină se descarcă lent și ciclul se repetă. Constanta de timp se reglează cu ajutorul potențiometrului, iar amplitudinea poate fi controlată acționînd asupra cuplajului cu etajul final de baleiaj.

O altă metodă de a comanda oscilatorul autoblocat, deseori utilizată în oscilatoarele de baleiaj cadre, constă în varierea tensiunii înalte aplicate anodului tubului pentru a se regla amplitudinea tensiunii în dinți de fierăstrău. Acest reglaj modifică înălțimea imaginii. La acest tip de oscilator, tensiunea de ieșire poate fi culeasă din circuitul de grilă, așa cum se arată în fig. 61.*b*.

Cum se utilizează multivibratorul în oscilatoarele de baleiaj cadre?

Principiul de funcționare al multivibratorului a fost deja schițat în cap 4. Există multe variante de schemă diferite atît prin metoda de cuplaj cît și prin modul de reglaj al frecvenței, dar principiul de bază rămîne același (fig. 40).

Să presupunem că tubul T_1 este blocat, fiind negativat de către tensiunea cu care este încărcat condensatorul C_2, tensiunea anodică fiind egală cu tensiunea de alimentare, condensatorul C_1 se încarcă prin R_1; grila tubului T_2 este ușor pozitivă și prin urmare T_2 conduce. Tensiunea anodică a tubului T_2 este mică cînd el conduce și deci C_2 se descarcă prin R_3 (T_2 joacă rolul de comutator care scurtcircuitează condensatorul C_2 atunci cînd conduce). Cînd condensatorul C_2 se descarcă, grila tubului T_1 își mărește

potențialul, astfel încît la un moment dat T_1 începe să conducă, tensiunea sa anodică scade și atunci C_1 se descarcă prin R_4. Am revenit în starea inițială în care grila tubului T_2 este pozitivă, astfel încît T_2 conduce din nou, iar T_1 este blocat. Funcționarea circuitului este „regenerativă", ciclul repetîndu-se din nou și așa mai departe. Duratele de timp în care cele două tuburi conduc cînd determinate de constantele de timp ale circuitului. C_1 se încarcă cînd tubul T_2 este blocat și se descarcă cînd acesta conduce. Aranjînd circuitul astfel încît T_1 să conducă cea mai mare parte a timpului, iar T_2 doar un scurt interval de timp, în punctul A se va obține o tensiune în dinți de fierăstrău convenabilă pentru realizarea baleiajului.

Pe grila tubului T_1 se poate aplica o succesiune de impulsuri scurte de polaritate negativă, respectiv o succesiune de impulsuri pozitive în anod, pentru a declanșa circuitul și pentru a menține constantă frecvența de repetiție; astfel perioadele de conducție ale tubului depind doar de constantele de timp C_2R_3, respectiv C_1R_4.

Cîteodată cuplajul între tuburi se realizează în circuitul catodic și schema poate fi recunoscută mai greu, dar principiul de funcționare rămîne același, după cum s-a arătat. În general tensiunea înaltă necesară generatorului de baleiaj cadre se ia egală cu tensiunea recuperată, care se obține în etajul final de baleiaj linii, așa cum vom vedea mai tîrziu. Utilizarea unei tensiuni înalte mai mari decît cea obișnuită este necesară pentru a se obține o funcționare mai liniară a generatorului de tensiune în dinți de fierăstrău. Adeseori chiar tubul final de baleiaj cadre formează o jumătate din schema multivibratorului.

Cum funcționează etajul final de baleiaj cadre?

Etajul final de baleiaj cadre (pe verticală) funcționează ca un amplificator de curent fiind cuplat prin intermediul

unui transformator cu bobinele de deflexie și avînd o rețea de reacție negativă necesară pentru a corecta forma dintelui de fierăstrău și pentru a compensa într-o oarecare măsură variațiile parametrilor schemei.

Cum funcționează oscilatorul de baleiaj linii?

Oscilatorul de bază poate fi foarte asemănător celui de baleiaj cadre, dar etajul final este total diferit. Deoarece frecvența este mult mai mare, se vor produce impulsuri de tensiune mai mari pe durata cursei inverse, la sfîrșitul fiecărei linii. Aceste impulsuri se folosesc în două moduri. În primul rînd, cu ajutorul unei diode speciale denumită recuperatoare se obține o tensiune înaltă, numită tensiune recuperată și în al doilea rînd se obține tensiunea foarte înaltă necesară anodului final al tubului cinescop adăugînd o înfășurare pe transformatorul de ieșire linii și redresînd impulsurile de tensiune înaltă pe care le produce acesta.

În cazul în care televizorul trebuie să recepționeze două norme (405 și 625 linii) constanta de timp trebuie să fie modificată prin comutarea diferitelor componente. Cîte odată tubul final linii este utilizat ca o jumătate de multivibrator în schema oscilatorului de baleiaj linii.

Pentru a se preveni efectul variațiilor tensiunilor de alimentare asupra funcționării etajului final de linii se folosește adeseori și un sistem de stabilizare cu reacție. Tensiunea de ieșire culeasă la o priză a transformatorului de ieșire linii se redresează și se trimite înapoi la grila tubului final linii pentru a se menține tensiunea de ieșire constantă (acțiunea este analoagă cu aceea a sistemului de control automat al amplificării din receptoare). Ca element redresor se utilizează o rezistență variabilă cu tensiunea (VDR).

Cum se produce tensiunea recuperată și tensiunea foarte înaltă pentru tubul cinescop?

În fig. 62 se indică schema de bază a unui etaj final de linii. Tubul final de baleiaj linii este comandat de tensiunea de ieșire a oscilatorului de linii. Cînd tubul conduce, trimite curentul de baleiaj la bobinele de reflexie. Cînd începe cursa inversă la sfîrșitul desfășurării unei linii, scăderea bruscă a curentului de baleiaj determină apariția unui impuls de înaltă tensiune în transformatorul de linii. Acesta este redresat de dioda recuperatoare și folosit pentru a încărca condensatorul de recuperare *C*. Deci se obține o tensiune înaltă recuperată (tipic 700 V) care poate fi utilizată ca tensiune de focalizare, pentru alimentarea oscilatorului de baleiaj cadre, etc. Tubul final de linii este blocat fiind negativat pe durata porțiunii inițiale a fiecărei linii a desfășurării, cînd curentul ce ajunge la bobinele de deflexie este datorat unei ușoare descărcări a condensatorului de recuperare.

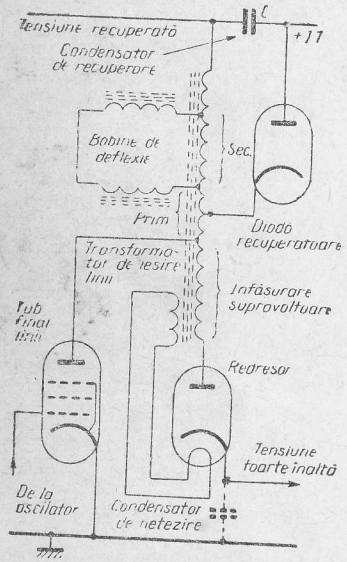


Fig. 62. Schema de bază a etajului final de baleiaj linii cu diodă recuperatoare și sistem de obținere a tensiunii foarte înalte din impulsurile cursei inverse. Condensatorul de netezire al tensiunii foarte înalte (figurat punctat) constă de obicei din capacitatea între învelișurile bune conducătoare de electricitate intern și extern ale tubului cinescop.

Înfășurarea tensiunii foarte înalte din fig. 62 are un număr de spire relativ mare producînd o creștere a amplitudinii impulsurilor cursei

inverse și permițînd obținerea unor tensiuni înalte (15 ... 20 KV fiind valori tipice pentru receptoarele moderne). Curentul este foarte mic și redresorul tensiunii foarte înalte încarcă condensatorul de filtraj al tensiunii foarte înalte (desenat punctat) la o valoare mare a tensiunii astfel încît de fapt se redresează numai vîrfurile impulsurilor cursei inverse, prevenindu-se deformarea tensiunii de ieșire de linii în dinți de fierăstrău. Acest condensator este de obicei constituit de capacitatea între învelișurile interior și exterior ale tubului cinescop, stratul exterior fiind conectat la șasiu, în general cu un contact elastic.

Ce este acordul pe armonica a treia?

Deoarece înfășurarea supravoltoare de înaltă tensiune este o înfășurare separată, apare și o inductanță de scăpări. Aceasta poate fi „acordată" împreună cu capacitatea parazită a circuitului pe o frecvență aproximativ egală cu triplul valorii frecvenței de baleiaj linii. Dacă transformatorul de ieșire de linii este făcut să rezoneze pe a treia armonică a frecvenței de linii se reduc oscilațiile parazite necontrolate ce pot apare în înfășurarea supravoltoare, iar vîrfurile de tensiune se mențin mai mici, obținîndu-se un randament mai mare.

Ce este un transformator desaturat?

Dacă se poate aranja astfel încît curenții să circule în sensuri opuse prin transformator, cîmpurile produse de acești curenți tind să se anihileze reciproc. Cîmpurile magnetice existente în miezul transformatorului datorate componentelor de curent continuu i-ar putea reduce randamentul prin saturarea miezului. Modificînd schema astfel încît condensatorul de recuperare să fie conectat între

două secțiuni ale înfășurării transformatorului, tensiunea înaltă de alimentare fiind introdusă în acest punct, componentele de curent continuu vor circula în sensuri opuse în transformator, iar cîmpurile ce ar rezulta se anihilează reciproc.

Cum se comandă liniaritatea desfășurării?

Atît amplitudinea desfășurării, cît și liniaritatea pot fi comandate prin reglarea curentului ce circulă în bobinele de deflexie. O metodă folosită pe larg este de a prevedea o buclă în scurt circuit în jurul gîtului tubului cinescop, dedesubtul bobinelor de deflexie, care să absoarbă energie proporțional cu gradul de introducere al acestei bucle (fig. 63).

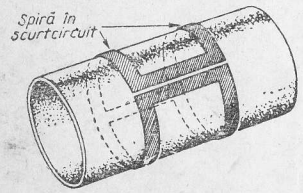


Fig. 63. Sistemul de corecție al liniarității baleiajului de linii cu spiră în scurtcircuit.

Ce alte reglaje ale imaginii se mai întîlnesc?

Am văzut că semnalul de videofrecvență provenit de la amplificatorul video se aplică tubului cinescop pentru a modifica curentul fasciculului de electroni. Strălucirea globală a imaginii se modifică prin varierea tensiunii de grilă (presupunînd că tensiunea de semnal se aplică pe catod, așa cum se obișnuiește), iar focalizarea se poate regla fie electrostatic, modificînd potențialul aplicat unui electrod special, fie magnetic — cu ajutorul unui magnet inelar montat în jurul gîtului tubului.

Deplasarea imaginii se poate face de asemeni electric sau magnetic. Sistemele mai vechi care întrebuințau electromagneți au fost înlocuite de magneți permanenți care controlează fasciculul și deci poziția imaginii. Pot fi întîlniți și alți magneți destinați corecțiilor minore ale formei imaginii, situați lîngă gîtul tubului. Capcana de ioni (întîlnită la multe tuburi cinescop de tip vechi) și tunul electronic amplasat oblic se foloseau pentru comanda fasciculului în așa fel încît ionii, avînd o masă mai mare decît electronii, să fie dirijați înainte către o latură a tubului, în timp ce electronii sînt deviați către ecranul fluorescent pentru a produce imaginea prin impactul lor cu ecranul. Astfel se evitau ciocnirile ionilor cu ecranul și arderea acestuia la mijlocul ecranului (pata ionică).

Tehnica utilizată în tuburile moderne pentru a preveni efectul ionilor este dispunerea în spatele ecranului a unei foițe foarte fine de aluminiu care împiedică ionii să atingă materialul ecranului fluorescent (de asemeni se mărește strălucirea și contrastul imaginii).

Nivelul global al contrastului se poate modifica aplicînd o tensiune mică ajustabilă sistemului de control automat al amplificării.